

**SKRIPSI - ME 91329**

**ANALISA PENGARUH VARIASI PERMUKAAN  
PADA PODDED AZIMUTH PROPELLER  
TERHADAP PERFORMA PROPELLER DENGAN  
PENDEKATAN CFD**

**RENALDI  
NRP 4210 100 096**

**Dosen Pembimbing :  
Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
Ir Tony Bambang Musriyadi. PGD**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2014**

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

**FINAL PROJECT - ME 091329**

**ANALYSIS OF PODDED  
VARIATIONS EFFECT OF  
PERFORMANCE AZIMUTH  
PROPELLER WITH CFD APPROACH**

**RENALDI  
NRP4210100096**

**Dosen Pembimbing:  
Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
Ir Tony Bambang Musriyadi, PGD**

**DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Ocean Technology  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya  
2014**

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA PENGARUH VARIASI PERMUKAAN PADA PODDED AZIMUTH PROPELLER TERHADAP PERFORMA PROPELLER DENGAN PENDEKATAN CFD**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institute Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RENALDI**  
NRP 4210100096

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

Irfan Syarif Arief, ST.,MT.

(  )

Ir Tony Bambang Musriyadi, PGD.

(  )

**SURABAYA**  
Januari 2015

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH VARIASI PERMUKAAN PADA PODDED AZIMUTH PROPELLER TERHADAP PERFORMA PROPELLER DENGAN PENDEKATAN CFD

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institute Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RENALDI**

NRP 4210100096

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Dr. Ir.A.A. Masroeri, M.Eng



SURABAYA

Januari 2015

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*



# **ANALYSIS OF PODDED VARIATIONS EFFECT OF PERFORMANCE AZIMUTH PROPELLERWITH CFD APPROACH.**

StudentName : Renaldi  
NRP : 4210100 096  
Department : Marine Engineering  
Supervisor : 1. Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
2. Ir Tony Bambang Musriyadi PGD,  
ST.,MT.

## **Abstract**

Azimuth podded propeller is one type of system propulsi ship variants. Podded propeller is a propeller body into the unity of the propeller systems. Podded used for construction that combines engine and propeller. Podded should be made as possible in order to resistance produced by the propeller is the minimum resistance. Propeller is used on boats that require more maneuverability. This research is done using the CFD method and utilize software ANSYS. This research useful to know the relationship between the variation of podded propeller with fluid flow and friction.

***Keyword :Azimuth propeller, podded, CFD***

*" Halaman ini sengaja dikosongkan"*

# **ANALISA PENGARUH VARIASI PERMUKAAN PADA PODDED AZIMUTH PROPELLER TERHADAP PERFORMA PROPELLER DENGAN PENDEKATAN CFD**

NamaMahasiswa : Renaldi  
NRP : 4210100 096  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
DosenPembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
2. Ir Tony Bambang Musriyadi  
PGD, ST.,MT.

## **Abstrak**

Azimuth podded propeller adalah salah satu jenis varian dari sistem propulsi kapal. Podded propeller merupakan body propeller yang menjadi kesatuan dari system propeller tersebut. Podded ini berguna sebagai konstruksi yang menggabungkan engine dan propeller. Podded harus dibuat sebaik mungkin agar tahanan yang dihasilkan oleh propeller adalah tahanan paling minimum. Propeller ini banyak digunakan pada kapal-kapal yang memerlukan kemampuan bermanuver yang lebih. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode CFD dan memanfaatkan software ANSYS. Dengan tujuan mengetahui hubungan antara variasi podded propeller dengan aliran fluida dan gaya gesek.

***Kata kunci : Azimuth propeller, podded, CFD***

*" Halaman ini sengaja dikosongkan "*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia Hidayah, Rahmat dan bimbingan-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dengan judul " Analisa Pengaruh Variasi Permukaan pada Podded Azimuth Propeller Terhadap Performa Propeller dengan Pendekatan CFD".

Penulisan skripsi ini sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan menambahkn referensi dalam perancangan azimuth podded propeller. Pada kesempatan ini, penulis Mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Terima kasih kepada Bapak Irfan Syarif Arief, ST., MT. dan Ir Tony Bambang Musriyadi. PGD selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dengan baik. Terima kasih kepada ibunda, ayahhanda, dan adik-adik yang telah memberi motivasi, harapan dan doa kepada penulis. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terimakasih kepada teman-teman yang telam membantu dalam mempelajari CFD.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa penelitian ini maasih belum sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan.

Surabaya , January 2015

Penulis

*" Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR ISI

HalamanJudul_id .....	i
HalamanJudul_en .....	ii
LembarPengesahan .....	iii
LembarPengesahan .....	iv
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
DaftarIsi .....	xi
DaftarGambar .....	xiv
DaftarTabel. ....	xv
DaftarGrafik .....	xvi
 <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	 <b>1</b>
1.1 LatarBelakang .....	1
1.2 RumusanMasalah .....	2
1.3 BatasanMasalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 ManfaatPenulisan .....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	 <b>5</b>
2.1 Azimuth PropellerSistem.....	5
2.2 Azimuth Pod.....	5
2.3 Gaya Gesek.....	7
2.4 Tekanan .....	9
2.5 NACA Airfoil.....	10
2.6 Kaplan Series Propeller.....	15
2.7 PropellerGeomerti.....	16
2.8 Computational Fluid Dynamic.....	18
 <b>BAB III METODOLOGI .....</b>	 <b>21</b>
3.1 IdentifikasidanPerumusanMasalah .....	21
3.2 StudiLiteratur .....	21
3.3 Pembuatan model azimuth propeller.....	22

3.4	Analisa performa azimuth propeller.....	22
3.5	pembuatan model baru dengan penambahan vin..	22
3.6	Analisa performa azimuth propeller.....	22
3.7	Rekomendasi.....	22
3.8	Kesimpulan dan Saran .....	22
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1	Azimuth model 1.....	25
4.2	Grid (Meshing) Model 1.....	33
4.3	Azimuth propeller model 2.....	34
4.4	Grid (Meshing) Model 2.....	40
4.5	Azimuth Propeller model 3.....	41
4.6	Grid (meshing) model 3.....	41
4.7	Model Hasil Simulasi.....	42
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....		
LAMPIRAN .....		



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Panduandimensi azimuth propeller.....	31
Tabel 4.2	persentasekoordinatpadaasis X.....	36
Tabel 4.3	persentasekoordinatpadaasis X.....	36
Tabel 4.4	hasilpersentasekoordinatpadaasis X& Y.....	37
Tabel 4.5	Hasilsimulasipada model 1.....	43
Tabel 4.6	Hasilsimulasipada model 2.....	43
Tabel 4.7	Hasilsimulasipada model 3.....	44
Tabel 4.8	Perbandingan velocity pod darihasilsimulasi.....	45
Tabel 4.9	Hasilperhitungangayagesek.....	47
Tabel 4.10	Perbandingan dari perhitungan gaya gesek padavs 10 knot.....	47
Tabel 4.11	Perbandingandariperhitungangayagesek padavs 12 knot.....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pod-strut geometry.....	5
Gambar 2.2	Kaplan series propeller.....	6
Gambar 2.3	PenamaanPadaPropeller.....	7
Gambar 2.4	SketsaDesainPropeller.....	16
Gambar 3.1	MetedologiPengerjaan .....	23
Gambar 4.1	titikkoordinat propeller.....	26
Gambar 4.2	hasilsurface blade.....	27
Gambar 4.3	Point dan curve ducting.....	28
Gambar 4.4	Surface ductedpropelle.....	29
Gambar 4.5	Garisdarititik-titik.....	30
Gambar 4.6	koordinat pod propeller.....	31
Gambar 4.7	surface pod propeller.....	32
Gambar 4.8	surface pod propeller.....	33
Gambar 4.9	formula koordinatpadaasis Y .....	35
Gambar 4.10	koordinat fin.....	38
Gambar 4.11	curve fin.....	38
Gambar 4.12	surface fin.....	39
Gambar 4.13	meshing azimuth propeller dengan fin.....	39
Gambar 4.14	azimuth propeller dengan fin.....	40
Gambar 4.15	meshing azimuth propeller dengan fin.....	38
Gambar 4.16	azimuth propeller dengan fin model 3.....	38
Gambar 4.17	meshing azimuth propeller dengan fin model 3.....	39

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Penurunankecepatanaliranfluidapada 10 knot.....	45
Grafik 4.2	Penurunankecepatanaliranfluidapada 12 knot.....	46
Grafik 4.3	Penurunankecepatanaliranfluidapada 14 knot.....	46
Grafik 4.4	Penurunangayagesek.....	49

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Propeller adalah alat penggerak mekanik kapal yang prinsip dasarnya dengan mempercepat perpindahan air sampai ke tempatnya didepan daun propeller sehingga kapal dapat terdorong.

Propeller jenis azimuth, propeller ini memiliki design dengan mesin pemutar langsung menyatu dengan propeller, tepatnya terletak pada bagian atas propeller, keunggulannya adalah propeller ini dapat diputar hingga 360 derajat.

Prinsip kerja azimuth propeller sama seperti propeller pada umumnya yaitu menggunakan mesin sebagai pemutar propeller. Namun yang membedakannya adalah letak dari mesin tersebut. Berdasarkan letak mesin penggeraknya tipe ini memiliki dua jenis, yaitu

- Mesin terletak didalam body atau pod propeller
- Mesin terletak diatas body propeller

Berdasarkan posisi mesin penggerak tersebut, maka propeller hanya memungkinkan untuk penggunaan mesin dengan daya dorong yang kecil. Oleh karena itu dilakukan inovasi dengan memodifikasi propeller untuk memaksimalkan daya dorong yang dihasilkan. Penambahan fin pada body (pod) azimuth propeller adalah inovasi yang sedang dikembangkan. Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, penambahan fin pada suatu propeller akan meningkatkan efisiensi dari suatu propeller.

Penelitian ini adalah untuk menganalisa variasi perubahan bentuk design pada propeller type azimuth dengan

menambahkan fin pada body propeller. Analisa yang dilakukan adalah dengan menggunakan pendekatan metode CFD (Computational Fluid Dynamic). Metode ini akan memberikan gambaran mengenai distribusi fluida yang akan terjadi dengan variasi design yang telah ditentukan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas ditugas akhir ini adalah

1. Bagaimana pengaruh gaya gesek yang dihasilkan akibat penambahan fin pada azimuth propeller
2. Bagaimana performa azimuth propeller dengan penambahan fin pada pod propeller berdasarkan kecepatan aliran fluida.
3. Bagaimana design propeller yang paling ideal berdasarkan arah aliran.

## 1.3 Batasan Masalah

1. Propeller yang dianalisa menggunakan tipe azimuth propeller.
2. Blade propeller yang digunakan menggunakan kaplan series.
3. Principle dimention :
  - Propeller
    - Propeller Diameter : 62"/2,33m
    - Propeller Pitch : 44"
    - Number of blade : 4
  - Pod propeller
    - Pod Diameter : 0.6 m
    - Length : 3.5 m
4. Variasi fin akan dilakukan pada pod propeller.
5. Simulasi menggunakan metode ANSYS CFX

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah

1. Untuk optimalisasi kerja propeller dengan meminimalisir gaya gesek.
2. Untuk mengetahui design azimuth podded propeller yang paling ideal.
3. Untuk mengetahui aliran fluida yang terjadi akibat dari penambahan fin propeller

## **1.5 Manfaat penelitian**

Manfaat penelitian yang akan didapatkan setelah penulisan skripsi ini adalah

1. Mendapatkan design yang paling optimal dalam pembuatan propeller tipe azimuth
2. Sebagai referensi teknis dalam pengembangan dan penelitian propeller type azimuth

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Azimuth Propeller Sistem**

Azimuth propellersystem adalah system propulsi kapal dimana propeller serta system shafting terletak padasebuah konstruksi pod yang menempel pada konstruksi lambung kapal, konstruksi pod tersebut memiliki sebuah porosvertikal sehingga pod tersebut dapat melakukan gerakan rotasi horisontal, hal ini menjadikan azimuth pod memberikelebihan dalam hal manuvering pada saat kapal beroperasi

#### **2.2 Azimuth pod**

Pod propulsion unit adalah sejenis azimuth tipe thruster yang secara langsung digerakkan oleh sebuah motor elektrik yang terpasang pada unit pod. Komponen utama dari sistem tersebut yaitu pod unit, steering unit, motor dan unit penggerak elektrik.

Pod dihasilkan oleh European major electric manufacturer seperti ABB, Alstrom dan Semens. Di Jepang, prototipe dari unit yang asli telah dikembangkan pada proyek Super Eco Ship yang disponsori oleh Pemerintah Jepang. Pod propulsion unit telah digunakan pada sebagian besar kapal-kapal pesiar sehingga mampu membuat keistimewaan yang baik termasuk kemampuan steering yang baik, pengurangan getaran dan kebisingan, serta fleksibilitas layout mesin di dalam kapal.

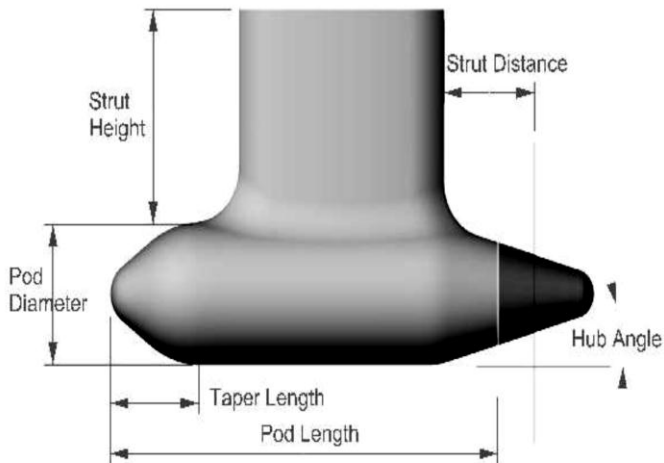
Pod Propeller merupakan sebuah unit penggerak sistem propulsi elektrik yang digerakkan oleh motor elektrik

padapod yang menggunakan tenaga elektrik dari power generation plant. Pada sisi lain, baling-baling utama yaitu unit penggerak mekanikal,

Pod unit tidak terhubung langsung pada lambung kapal. Pemasangan ini membolehkan pod unit untuk berotasi 360°, kondisi ini juga berguna saat kondisi manuver. Susunan podded propeller menghilangkan syarat untuk kemudi poros yang lebih pendek dapat membantu mengurangi kebisingan dan getaran. Sistem podded propulsion juga menghasilkan maneuverability yang lebih baik daripada propeller konvensional, khususnya dalam water operation.

Azimuth propeller system keuntungannya adalah pada saat bermanuver propeller dapat berotasi hingga 360°. Karena pada system ini memiliki pod yang berisi engine sebagai pemutar propeller yang terletak langsung didalamnya. Selain itu juga ada type lain dimana azimuth propeller digunakan sebagai tempat dari gear sistem yang mana engine terletak pada body kapal. Oleh karena itu, propeller system ini memiliki tahanan yang lebih besar dibandingkan dengan propeller jenis lainnya.

Pod dari azimuth propeller dibuat se-strimline mungkin untuk meminimalisir tahanan pada propeller. Semakin streamline bentuk pod maka aliran pada propeller semakin baik, gaya gesek pada pod propeller semakin berkurang, tahanan pada azimuth propeller semakin berkurang, dan gaya dorong pada propeller semakin maksimal. Diharapkan azimuth propeller tidak hanya handal dalam bermanuver, namun juga memiliki tahanan propeller yang minim.



Gambar 2.1. *Pod-strut geometry*[1]

## 2.3 Gaya Gesek

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Benda-benda yang dimaksud di sini tidak harus berbentuk padat, melainkan dapat pula berbentuk cair, ataupun gas. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya adalah gaya gesek statis dan kinetis, sedangkan gaya antara benda padat dan cairan serta gas adalah gaya Stokes.

Gaya gesek dapat merugikan atau bermanfaat. Panas pada poros yang berputar, engsel pintu yang berderit, dan sepatu yang aus adalah contoh kerugian yang disebabkan oleh gaya gesek. Akan tetapi tanpa gaya gesek manusia tidak dapat berpindah tempat karena gerakan kakinya hanya akan menggelincir di atas lantai. Tanpa adanya gaya gesek antara

ban mobil dengan jalan, mobil hanya akan slip dan tidak membuat mobil dapat bergerak. Tanpa adanya gaya gesek juga tidak dapat tercipta parasut.

Adanya gaya gesekan pada benda menyebabkan gaya yang digunakan untuk menarik atau mendorong benda menjadi lebih besar dibanding jika tidak ada gesekan. Untuk memperkecil gaya tarikan, gaya gesekan harus ditiadakan. Akan tetapi, gaya gesekan tidak bisa dihilangkan. Gaya gesekan hanya bisa diperkecil. Gaya gesekan dapat diperkecil dengan 3 cara, yaitu sebagai berikut:

1. Memperlincin permukaan, dapat dilakukan dengan cara mengampelas atau memberi minyak pada permukaan.
2. Memberi roda pada bidang sentuh, merupakan salah satu upaya untuk memperlincin permukaan yang bersentuhan sehingga gaya gesekan yang terjadi dapat diperkecil. Akan tetapi, cara ini terutama bertujuan untuk memanfaatkan gerak "bergulir" dengan menghindari gerak bergesekan.
3. Memisahkan kedua permukaan yang bersentuhan dengan udara.

Prinsip ini diterapkan pada **hovercraft**, yaitu kapal laut yang bagian dasarnya berupa pelampung berisi udara. Kapal ini dapat berjalan dengan mudah (gesekan cukup kecil) karena adanya tekanan udara ke atas yang mampu mengangkat badan kapal. Hadirnya "bantalan" udara memperkecil gaya gesekan dengan tanah atau air. Ini berarti, kapal hover dapat berjalan di atas rawa, salju tebal, atau air tanpa tenggelam. Bantalan udara yang mengangkat kapal itu dari permukaan tanah dihasilkan oleh kipas besar.

Dalam penelitian ini, akan dibahas tentang meminimalisir gaya gesek dengan cara mengubah bentuk

permukaan dengan penambahan fin. Dengan penambahan fin maka permukaan akan lebih licin. Pada azimuth propeller, terdapat Kaplan series propeller, struh propeller, dan pod propeller yang merupakan komponen kesatuan. Oleh memiliki dimensi yang cenderung lebih besar dari jenis propeller pada umumnya.

## 2.4 Tekanan

Dalam fisika, tekanan dinyatakan dengan (simbol  $p$ ) adalah skala besarnya fisik yang mengukur kekuatan dalam arah tegak lurus per satuan luas dan berfungsi untuk digambarkan dan diterapkan dengan gaya resultan pada permukaan yang diberikan. Tekanan merupakan gaya per satuan luas diterapkan dalam arah tegak lurus ke permukaan obyek. Pengukur tekanan yang diberikan dalam sebuah tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer atau lingkungan sekitarnya.

Dalam Sistem Internasional tekanan diukur dalam unit yang disebut pascal (Pa) yang setara dengan kekuatan total satu newton pada satu meter persegi. Dalam sistem Inggris tekanan diukur dalam unit yang diturunkan disebut pon per inci persegi (pon per inci persegi) psi. Tekanan adalah besarnya gaya yang berhubungan dengan permukaan yang bertindak, yaitu sama dengan gaya yang bekerja pada satuan luas. Bila pada permukaan yang datar dengan luas  $A$  gaya normal diterapkan seragam  $F$ , tekanan  $P$  diberikan sebagai berikut :

$$P = F/A, \text{ maka } F = P \times A$$

[8]

Dimana pada output penelitian ini  $P$  yang dimaksud adalah tekanan/wallshear pada pod propeller,  $A$  adalah luas area pada

pod propeller, dan  $F$  adalah gaya gesek yang diterima pada permukaan propeller.

Sifat-sifat tekanan dalam medium cairan

- Gaya berhubungan dengan tekanan fluida yang selalu diarahkan menuju bagian luar cairan, dikarenakan prinsip aksi dan reaksi, sehingga kompresi untuk cairan, tidak pernah satu traksi.
- Permukaan bebas cairan saat istirahat (dan berada di medan gravitasi konstan) selalu horizontal. Itu benar hanya di permukaan Bumi dan dapat dilihat dengan mata telanjang aksi gravitasi yang tidak konstan. Jika tidak ada tindakan gravitasi, permukaan cairan bola dan karena itu tidak horizontal.
- Pada fluida diam, setiap titik massa cair mengalami tekanan yang merupakan fungsi hanya dari kedalaman di mana titik tersebut berada. Hal lain yang perlu kedalaman yang sama, memiliki tekanan yang sama. Permukaan imajiner melewati dua titik disebut tekanan permukaan ekipotensial atau permukaan isobarik.

Dalam penelitian ini yang akan dianalisa adalah gaya gesek antara pod azimuth propeller dengan fluida yang bersentuhan langsung. Penggunaan fin bertujuan untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi pada pod propeller. Penambahan fin pada propeller membuat permukaan propeller menjadi lebih streamline.

## 2.5 NACA airfoil

Dalam perancangan azimuth propeller dilakukan modifikasi pada pod azimuth propeller, dengan tujuan

meminimalisir gaya gesek, dan memaksimalkan efisiensi arah aliran. Dengan meningkatnya efisiensi arah aliran diharapkan volume air yang masuk dari pod propeller menuju propeller jumlahnya lebih besar, sehingga daya dorong yang dihasilkan lebih maksimal.

Dalam tugas akhir ini modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan fin yang berupa foil. Dimensi dari foil itu sendiri mengacu pada NACA airfoil. NACA airfoil adalah bentuk airfoil sayap pesawat udara yang dikembangkan oleh National Advisory Committee for Aeronautics (NACA).

Samapi sekitar Perang Dunia II, airfoil yang banyak digunakan adalah hasil riset Gottingen. Selama periode ini banyak pengujian airfoil dilakukan diberbagai negara, namun hasil riset NACA lah yang paling terkemuka. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau thickness serta pengujiannya dilakukan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dibanding yang lain.

#### **a. Konstruksi Geometri airfoil NACA**

Airfoil yang saat ini umum digunakan sangat dipengaruhi oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh NACA ini.

#### **b. NACA Series 4 digit**

Pada airfoil NACA seri empat, digit pertama menyatakan persen maksimum camber terhadap chord. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi maksimum camber pada chord dari leading edge. Sedangkan dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan airfoil terhadap chord. Contoh : airfoil NACA 2412 memiliki maksimum camber 0.02

terletak pada  $0.4c$  dari leading edge dan memiliki ketebalan maksimum  $12\%$  chord atau  $0.12c$ . Airfoil yang tidak memiliki kelengkungan, dimana chamber line dan chord berhimpit disebut airfoil simetrik. Contohnya adalah NACA 0012 yang merupakan airfoil simetrik dengan ketebalan maksimum  $0.12c$ .

### **c. NACA Serie 5 digit**

Pengembangan airfoil NACA 5 digit dilakukan sekitar tahun 1935 dengan menggunakan distribusi ketebalan yang sama dengan seri empat digit. Garis kelengkungan rata-rata (mean chamber line) seri ini berbeda dibanding seri empat digit. Perubahan ini dilakukan dalam rangka menggeser maksimum chamber kedepan sehingga dapat meningkatkan CL max. Jika dibandingkan ketebalan (thickness) dan chamber, seri ini memiliki nilai CL max  $0.1$  hingga  $0.2$  lebih tinggi dibanding seri empat digit. Sistem penomoran seri lima digit ini berbeda dengan seri empat digit. Pada seri ini, digit pertama dikalikan  $3/2$  kemudian dibagi sepuluh memberikan nilai desain koefisien lift. Setengah dari dua digit berikutnya merupakan persen posisi maksimum chamber terhadap chord. Dua digit terakhir merupakan persen ketebalan/thickness terhadap chord. Contohnya, airfoil 23012 memiliki CL desain  $0.3$ , posisi maksimum chamber pada  $15\%$  chord dari leading edge dan ketebalan atau thickness sebesar  $12\%$  chord.

### **d. NACA Series 1 digit**

Airfoil NACA seri 1 yang dikembangkan sekitar tahun 1939 merupakan seri pertama yang dikembangkan berdasarkan perhitungan teoritis. Airfoil seri 1 yang paling umum digunakan memiliki lokasi tekanan minimum di  $0.6$  chord, dan kemudian dikenal sebagai airfoil seri-16. Chamber



line airfoil ini didesain untuk menghasilkan perbedaan tekanan sepanjang chord yang seragam.

Penamaan airfoil seri 1 ini menggunakan lima angka. Misalnya NACA 16-212. Digit pertama menunjukkan seri 1. Digit kedua menunjukkan persepuluh posisi tekanan minimum terhadap chord. Angka dibelakang tanda hubung: angka pertama merupakan persepuluh desain CL dan dua angka terakhir menunjukkan persen maksimum thickness terhadap chord. Jadi NACA 16-212 artinya airfoil seri 1 dengan lokasi tekanan minimum di 0.6 chord dari leading edge, dengan desain CL 0.2 dan thickness maksimum 0.12.

#### **e. NACA Series 6 digit**

Airfoil NACA seri 6 didesain untuk mendapatkan kombinasi drag, kompresibilitas, dan performa CL max yang sesuai keinginan. Beberapa persyaratan ini saling kontradiktif satu dan lainnya, sehingga tujuan utama desain airfoil ini adalah mendapatkan drag sekecil mungkin.

Geometri seri 6 ini diturunkan dengan menggunakan metode teoritik yang telah dikembangkan dengan menggunakan matematika lanjut guna mendapatkan bentuk geometri yang dapat menghasilkan distribusi tekanan sesuai keinginan. Tujuan pendekatan desain ini adalah memperoleh kombinasi thickness dan chamber yang dapat memaksimalkan daerah aliran laminar. Dengan demikian maka drag pada daerah CL rendah dapat dikurangi.

Aturan penamaan seri 6 ini cukup membingungkan dibanding seri lain, diantaranya karena adanya banyak perbedaan variasi yang ada. Contoh yang umum digunakan misalnya NACA 641-212,  $a=0.6$ . Angka 6 di digit pertama menunjukkan seri 6

dan menyatakan family ini didesain untuk aliran laminar yang lebih besar dibanding seri 4 digit maupun 5 digit. Angka 4 menunjukkan lokasi tekanan minimum dalam persepuluh terhdap chord (  $0.4c$  ). Subskrip 1 mengindikasikan bahwa range drag minimum dicapai pada 0.1 diatas dan dibawah CL design yaitu 2 dilihat angka 2 setelah tanda hubung. Dua angka terakhir merupakan persen thickness terhadap chord, yaitu 12% atau 0.12. Sedangkan  $a=$  \_\_ mengindikasikan persen chord airfoil dimana distribusi tekanannya seragam, dalam contoh ini adalah 60 % chord.

#### **f. NACA Series 7 digit**

Seri 7 merupakan usaha lebih lanjut untuk memaksimalkan daerah aliran laminar diatas suatu airfoil dengan perbedaan lokasi tekanan minimum dipermukaan atas dan bawah. Contohnya adalah NACA 747A315. Angka 7 menunjukkan seri. Angka 4 menunjukkan lokasi tekanan minimum di permukaan atas dalam persepuluh (yaitu  $0.4c$ ) dan angka 7 pada digit ketiga menunjukkan lokasi tekanan minimum di permukaan bawah airfoil dalam persepuluh ( $0.7c$ ). A, sebuah huruf pada digit keempat, menunjukkan suatu format distribusi ketebalan dan mean line yang standardisasinya dari NACA seri awal. Angka 3 pada digit kelima menunjukkan CL desain dalam persepuluh (yaitu 0.3) dan dua angka terakhir menunjukkan persen ketebalan maksimum terhadap chord, yaitu 15% atau 0.15.

#### **g. Naca seres 8 digit**

Airfiol NACA seri 8 didesain untuk penerbangan dengan kecepatan supercritical. Seperti halnya seri sebelumnya, seri ini didesain dengan tujuan memaksimalkan daerah aliran laminar di permukaan atas permukaan bawah secara

independen. Sistem penamaannya sama dengan seri 7, hanya saja digit pertamanya adalah 8 yang menunjukkan serinya. Contohnya adalah NACA 835A216 adalah airfoil NACA seri 8 dengan lokasi tekanan minimum di permukaan atas ada pada 0.3c, lokasi tekanan minimum di permukaan bawah ada pada 0.5c, memiliki CL desain 2 dan ketebalan atau thickness maksimum 0.16c.

## **2.6 Kaplan Series Propeller**

Umumnya azimuth propeller menggunakan kaplan series untuk pitch propeller, dan ducting yang terpasang menyelimuti propeller. Tentu dengan tujuan agar volume air yang masuk kedalam propeller lebih besar, dan alirannya menjadi lebih baik.

Propeller ini dikembangkan pada tahun 1913 oleh professor Austria Victor Kaplan, yang dikombinasikan dengan blade baling-baling otomatis disesuaikan untuk mencapai efisiensi melalui berbagai aliran dan tingkat air. Karena kemampuannya merubah air menjadi daya putar yang baik, maka dalam aplikasinya sebagai penggerak kapal, baling-baling ini digunakan untuk mendapatkan gaya dorong yang besar.

Propeller ini dirancang untuk digunakan pada kapal tunda, trawl, dan kapal lainya dimana suatu nosel dipasang untuk memberi daya dorong yang lebih besar daripada propeller yang terbuka secara konvensional. Baling-baling jenis ini biasanya dapat memberikan dorongan 25-30% lebih besar pada trawl, sementara pada aplikasi tertentu hingga 50% lebih daya dorong pada kapal tunda.

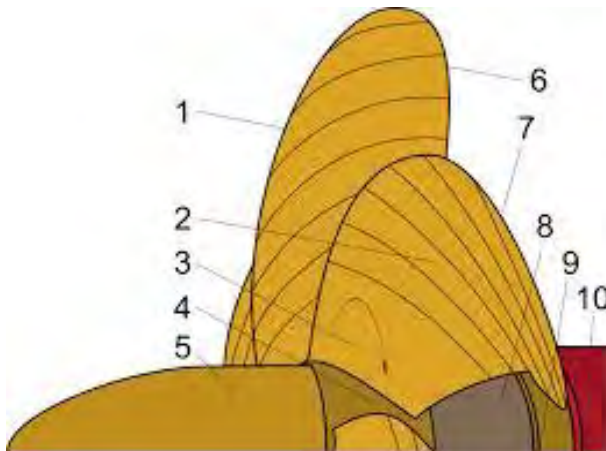


Gambar 2.2. *Kaplan series propeller*[5]

## 2.7 Propeller Geometri

Pada azimuth propeller umumnya menggunakan propeller type gawn dan kaplan series. Propeller geometri adalah koordinat yang menentukan ketebalan propeller yang berbeda disetiap bagianya. Biasanya membagi jari-jari menjadi 8 bagian yaitu  $0R$ ,  $0,2R$   $0,3R$   $0,4R$   $0,5R$   $0,7R$   $0,8R$ . Dalam pembuatan propeller terdapat istilah-istilah yang perlu diperhatikan.

Permukaan daun baling-baling yang menghadap ke belakang disebut sisi muka (face), atau sisi dengan tekanan tinggi, sedangkan sisi sebaliknya disebut punggung, atau sisi belakang (back), atau sisi tekanan rendah (Gambar 2.2)

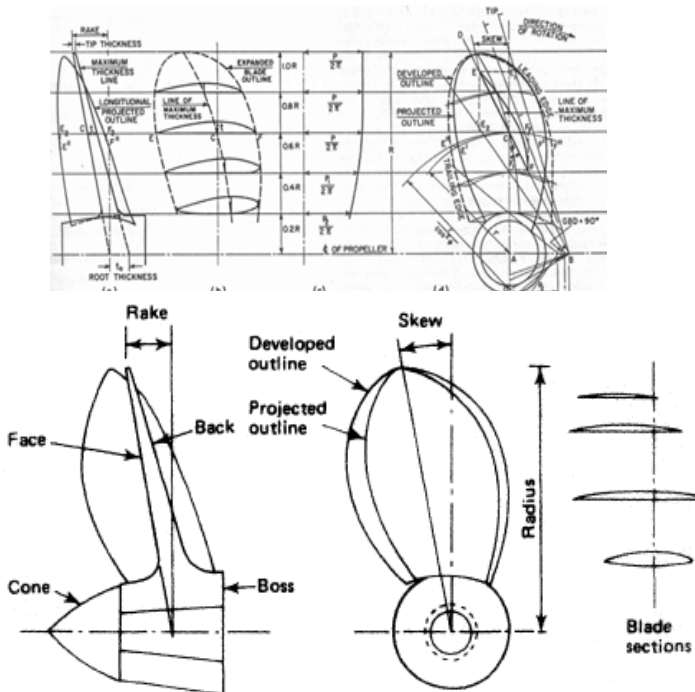


Gambar2.3. *Penamaan PadaPropeller*[6]

Keterangan gambar :

- 1) Trailing edge
- 2) Face
- 3) Fillet area
- 4) Hub or Boss
- 5) Hub or Boss Cap
- 6) Leading edge
- 7) Back
- 8) Propeller Shaft
- 9) Sterntube Bearing
- 10) Sterntube

Berikut adalah sketsa design propeller secara umum



Gambar2.4. *SketsaDesainPropeller*[6]

## 2.8 Computational Fluid Dynamic

CFD merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan meshing. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau software. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan

lainnya merupakan pembagian ruang yang disebutkan tadi atau meshing. Nantinya, pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain dan boundary condition yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer.

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan CFD antara lain:

- Keakuratan dapat selalu dikontrol dalam proses design.
- Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesign suatu produk. Bila proses design diuji dengan eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Memiliki kemampuan studi dibawah kondisi berbahaya pada saat melewati situasi beresiko.

Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama

1. Pre possessor (Input)
2. Prossessor
3. Post Prossesor

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau boundary condition. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan meshing. Tahap selanjutnya adalah processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil

menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit. Tahap akhir merupakan tahap postprocessor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD (software CFD) banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut. Atau dalam proses design engineering tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal lain yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam akan suatu masalah yang akan diselesaikan atau dalam hal ini pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur dan bahkan animasi.



## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini adalah dengan menggunakan metode berbasis analisa dengan membuat perancangan permodelan propeller seri gwan dengan variasi fin dengan menggunakan software solid work. Kemudian dilakukan pengujian analisis pada permodelan tersebut. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut:

#### **3. 1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu untuk menentukan cara pembuatan model secara keseluruhan. Untuk menganalisis perhitungan propeller dengan metode perhitungan manual yang mana untuk memilih type propellernya menggunakan series propeller gawn.

#### **3. 2. Studi Literatur.**

Pada Tahapan ini dilakukan studi literatur yaitu merangkum teori-teori dasar, tutorial software serta informasi tambahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, dari buku-buku, jurnal internasional ataupun paper yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi yang didapatkan dimaksudkan untuk menambah wawasan dan dasar teori untuk menunjang pemahaman dari permasalahan yang diteliti.

### **3.3. Pembuatan Model Azimuth propeller.**

Pembuatan Model menggunakan bantuan program software ANSYS CFD.

### **3.4. Analisa performa azimuth propeller.**

Analisa dibantu dengan menggunakan software ANSYS. Analisa pertama adalah propeller sebelum dimodifikasi.

### **3.5. Pembuatan model baru dengan penambahan fin pada body propeller.**

Pembuatan fin dibantu dengan software ANSYS. Dilakukan variasi fin yang paling optimal baik penempatan maupun sudutnya.

### **3.6. Analisa performa azimuth propeller.**

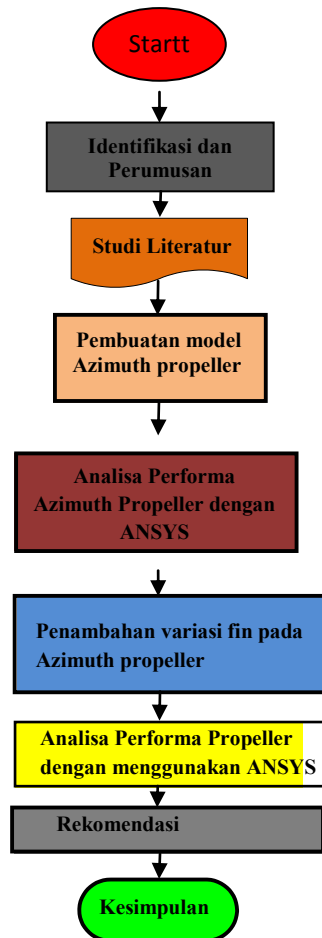
Selanjutnya adalah menganalisa hasil dari modifikasi penambahan fin pada propeller.

### **3.7. Rekomendasi.**

Setelah itu hasil dari simulasi tersebut dibandingkan design tentang yang paling optimal.

### **3.8. Kesimpulan dan Saran.**

Setelah dilakukan analisa data dan pembahasan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran-saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang.



Gambar 3.1. *Metodologi Pengerjaan*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PENAMBAHAN**

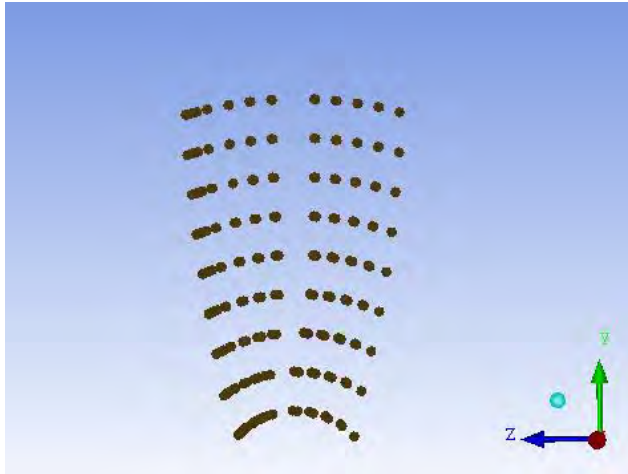
Sub bab ini akan menjelaskan tentang cara pembuatan model dan simulasi. Perancangan model didasarkan pada batasan masalah yang dituliskan pada bab awal. Ada beberapa tahapan yang saling berkaitan yang perlu dilakukan untuk running. Pembuatan model dilakukantahap demi tahap dimulai dari penentuan koordinat, proses meshing, hingga simulasi.

Propeller yang dimodelkan menggunakan blade type Kaplan series. Pada model ini Diameter propeller dibuat tetap dan akan dilakukan beberapa variasi pod nya, dengan menambahkan fin yang kemudian dianalias dan dibandingkan. Penggambaran mennggunakan ICEM CFD dan analisa menggunakan software ansys CFX.

#### **4.1. Azimuth propeller model 1**

Langkah paling awal yang dilakukan pada pemodelan yaitu menentukan koordinat. Pemodelan propeller tipe Kaplan series menggunakan bantuan program Marine Propeller Geometry. Sehingga dapat mempermudah proses penentuan koordinat. Selanjutnya koordinat dibentuk menjadi 3D modeling propeller. Pembuatan 3D modeling dengan mengexport koordinat ke ICEM CFD. Proses pembuatan 3D modeling di dengan mendapatkan bentuk surface azimuth propeller, mulai dari daun propeller dan hub propeller.

Awal dari pembuatan model adalah penggambaran plot kooordinat propeller. Kaplan series, coordinate diperoleh dari studi literature tentang jenispropeller yang digunakan. Berikut adalah gambar plot dimensi pada Ansys CFD.

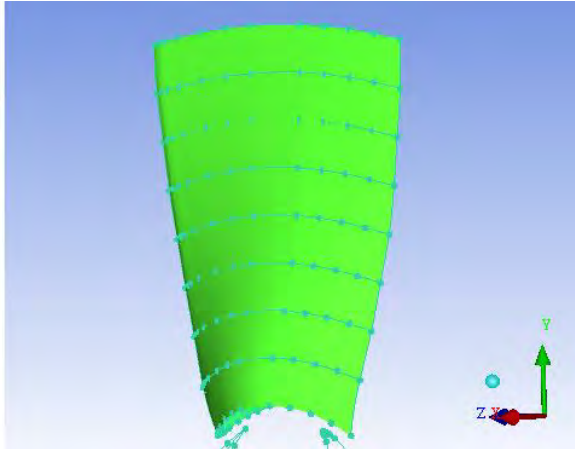


Gambar 4.1 *titik koordinat propeller  
(hasil pemodelan)*

Setelah titik koordinat yang sudah di plot pada CFD, langkah selanjutnya adalah menghubungkan antartitik dengan curve yang tersedia dengan memilih create/modify curve kemudian pilih from point, maka curve atau garis sudah bisa dibuat dengan memilih point mana yang akan dihubungkan. Proses ini dilakukan untuk tiap variasi jumlah pitch dan Blade area ratiopropeller Kaplan-Series. Setelah curva sudah dihubungkan maka langkah selanjutnya adalah menutup garis tersebut dengan surface. Surface ini berfungsi untuk menutup atau membuat body pada gambar yang sebelumnya sudah dibuat point yang dihubungkan dengan garis atau curve.

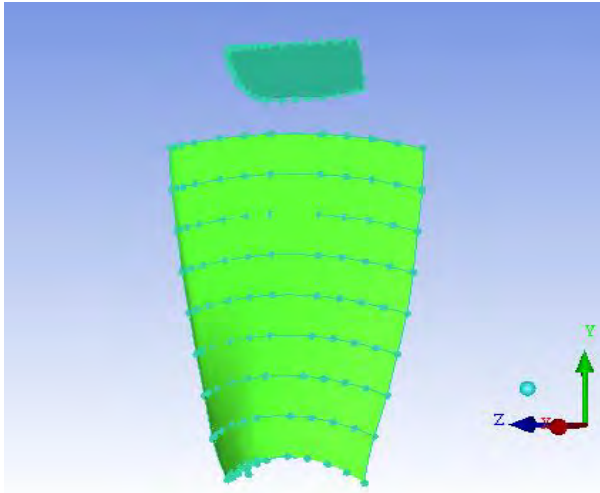
Untuk membuat surface dengan memilih create/modify surface setelah itu pilih Loft surface over several curve kemudian pilih garis atau curve pada gambar propeller kaplan series. Setelah surface selesai dilakukan pada propeller kaplan series langkah selanjutnya adalah melakukan rotate

pada propeller yang sudah di surface di satu blade dengan memperbanyak blade menjadi 4 (empat) blade. Langkah yang dilakukan adalah menggunakan tool rotate, sudut putar sesuai dengan jumlah blade yang diputar terhadap sumbu X berpusat pada koordinat (0 0 0).



Gambar 4.2 *hasil surface blade*  
(*hasil pemodelan*)

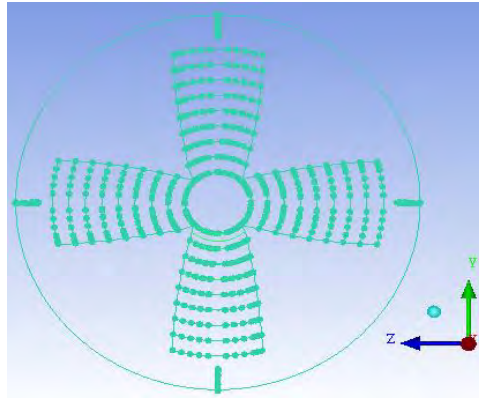
Untuk penggambaran model selanjutnya adalah pembuatan model ducted atau nozzle pada propeller Kaplan series. Langkah yang dilakukan hampir sama dengan penggambaran propeller Kaplan series dan boss propeller. Setelah titik nozzle sudah diplot maka titik tersebut dihubungkan dengan garis, setelah itu membuat dua titik tepat di tengah diameter propeller, titik ini berfungsi untuk membuat diameter dari ducted propeller tersebut. Berikut gambar point yang sudah dihubungkan dengan garis beserta dua titik bantu.



Gambar 4.3. *Point dan curve ducting  
(hasil pemodelan)*

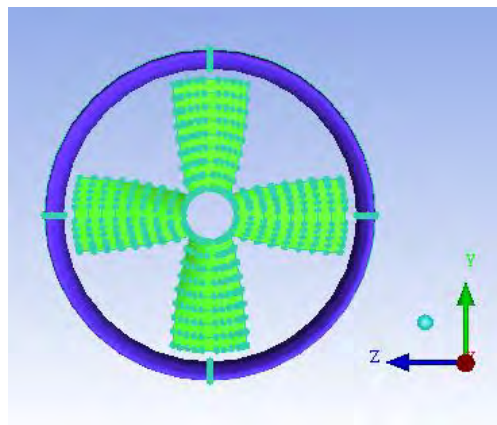
Setelah selesai pembuatan garis dan titik model ducted maka langkah selanjutnya adalah memberi surface pada garis tersebut. Untuk pembuatan surface pada ducted menggunakan jenis surface of revolution, jadi seperti biasa dengan memilih create/modify surface kemudian pilih surface of revolution, setelah memilih surface of revolution maka pilih dua titik yang sudah dibuat untuk menentukan diameter dari ducted propeller setelah memilih dua titik tersebut klik pada scroll mouse kemudian langkah selanjutnya memilih curve model ducted propeller tersebut dan langkah terakhir adalah apply maka ducted yang dibuat sudah terbentuk seperti gambar di bawah ini.





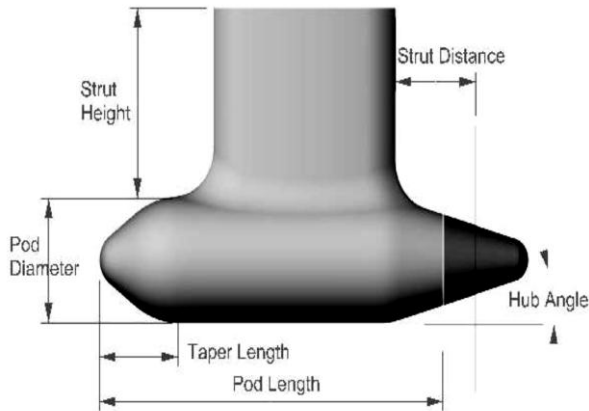
Gambar 4.4. *Surface ducted propeller*  
(hasil pemodelan)

Untuk tahap selanjutnya adalah pemodelan koordinat dari sudu pada ducted propeller.



Gambar 4.5. *Garis dari titik-titik*  
(hasil pemodelan)

Selanjutnya pemodelan pod strut geometry. Gambar berikut adalah bagian-bagian yang akan dimodelkan



Gambar 4.5. *bagian-bagian Pod strut geometry* [1]

Untuk ukuran masing-masing bagian pod strut geometry menggunakan table pod dimension referensi dari buku Marine Powering Prediction and Propulsors. Pada buku tersebut dapat diketahui perbandingan antara propeller diameter dengan pod diameter, propeller diameter dengan pod length, propeller diameter dengan strut distance. Berikut adalah table perbandingannya

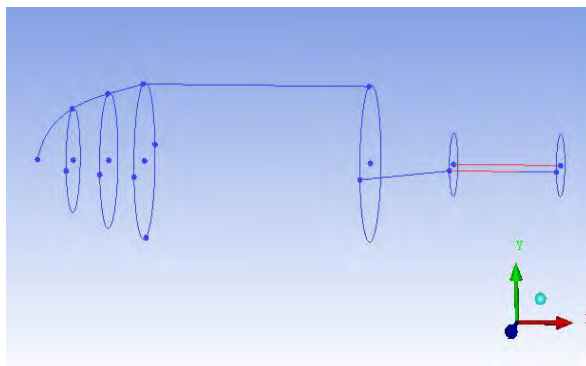
	Propeller diameter / pod length	Propeller diameter / pod diameter	Propeller diameter / strut distance
Ave	0.63	1.95	2.47
Max	0.92	2.40	3.93
Min	0.52	1.63	1.50

	Propeller diameter / struth distance	Hub diameter / propeller diameter	Hubtaper angel
Average	4.37	0.25	
Max	7.58	0.31	20
Min	2.51	0.17	15

Tabel 4.1 *Panduan dimensi azimuth propeller* [1]

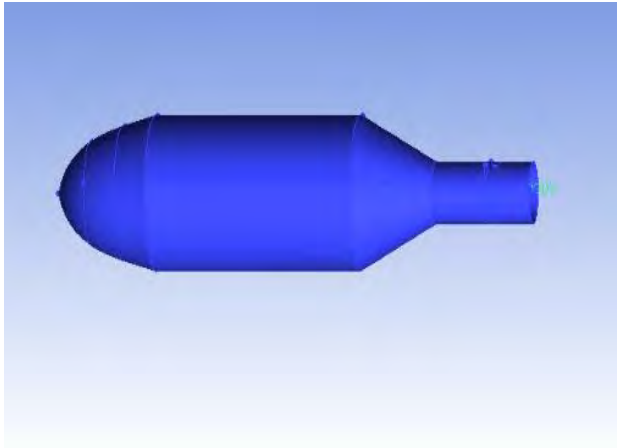
Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah membuat titik koordinat dari tiap bagian. Propeller yang sebelumnya telah telah digambar dihubungkan dengan pod. Ukuran diameter propeller yang sudah ditentukan pada batasan masalah yaitu sebesar 2,33 m, maka berdasarkan table 4.1 dapat ditentukan perbandingan dimensi lainnya :

Propeller diameter : 2,33 m  
 Pod diameter : 0.6 m  
 Pod length : 3.5 m  
 Taper length : 1 m  
 Hub angel : 20 derajat



Gambar 4.6. *koordinat pod propeller*  
(hasil pemodelan)

Kemudian yang dilakukan adalah surface koordinat dari pod propeller. Untuk membuat surface dengan memilih create/modify surface setelah itu pilih Loft surface over several curve kemudian pilih garis atau curve pada gambar pod propeller. Dalam langkah ini surface dilakukan tiap part dengan teliti, karena apabila terjadi kesalahan proses mesh tidak akan dapat berhasil.

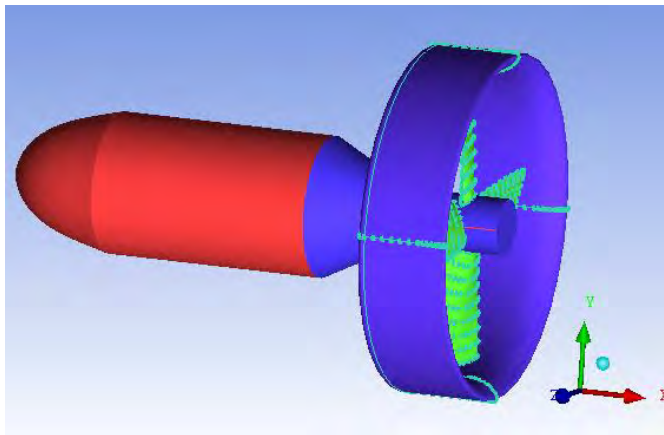


Gambar 4.7. *surface pod propeller*  
(hasil pemodelan)

Selanjutnya adalah penggabungan antara pod propeller, poros propeller, kaplan series propeller, dan ducting propeller. Langkahnya adalah dengan mensurface seluruh komponen azimuth propeller. Pada tahapan ini yang perlu diperhatikan adalah penggabungan antara pod dan Kaplan harus tidak ada surface yang berlubang. Apabila terdapat surface yang

berlubang di antara bagian tersebut maka akan menyulitkan pada tahapan meshing nanti. Tidak hanya pada bagian tersebut, namun pada seluruh komponen tidak diperbolehkan ada surface yang berlubang.

Berikut adalah gambar azimuth propeller yang telah digabungkan, dimana terdiri dari propeller kaplan series, ducting, pod propeller, dan poros propeller. Tahap berikutnya adalah membuat domain, yang terdiri dari inlet, outlet, wall, ducted, face, back, poros, sudut dimana masing-masing subdomain ini mempunyai sifat tersendiri baik dari segi sifat fluida maupun secara mekanis.



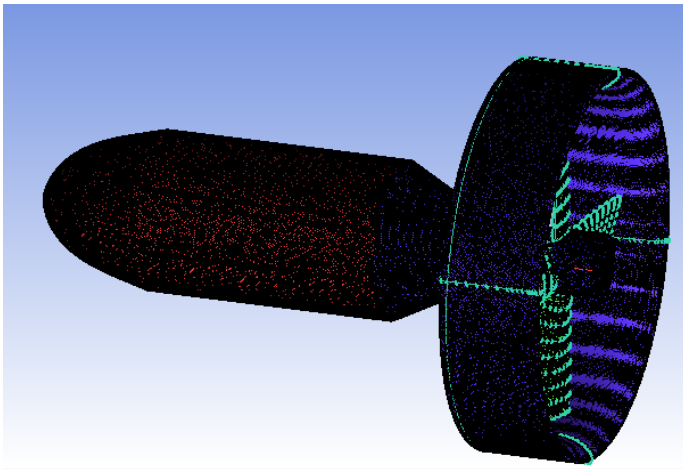
Gambar 4.8. *surface pod propeller*  
(hasil penggambaran)

## 4.2. Grid (Meshing) Model 1

Seperti yang sudah dijelaskan pada tulisan sebelumnya, bagian yang detail memerlukan grid (mesh) yang lebih halus,

sedangkan untuk part yang ukuran besar dan tidak terlalu mendetail, cukup dengan grid(mesh) yang agak kasar.

Pada simulasi kali ini, mesh yang paling mendetail adalah pada bagian part yang akan dianalisa, yaitu blade (Face dan Back), podporos dan yang tidak terlalu mendetail adalah bagian inlet, outlet serta pada wall. Berikut adalah hasil meshing



Gambar 4.9. *meshing pod propeller 1*  
(hasil penggambaran)

### 4.3. Azimuth propeller model 2

Perbedaan model azimuth propeller pertama dan kedua adalah terletak pada pod propeller. Pada azimuth propeller kedua, pod akan dimodifikasi dengan penambahan fin pada kedua sisi propeller. Dimensi dari pod propeller, face, back, dan ducing diasumsikan sama dengan propeller pertama.







$x(t_{\max})$  30% of chord length

Ahead of  $t_{\max}$

Ahead of  $t_{\max}$

x% of chord	y% of chord	x m	y m
0	0.000	-3.100	0.000
0.50%	0.021	-3.091	0.039
1.25%	0.032	-3.076	0.061
2.50%	0.044	-3.053	0.084
5.00%	0.060	-3.005	0.115
7.50%	0.071	-2.958	0.135
10%	0.079	-2.910	0.151
15%	0.090	-2.815	0.171
20%	0.096	-2.720	0.183
25%	0.099	-2.625	0.189

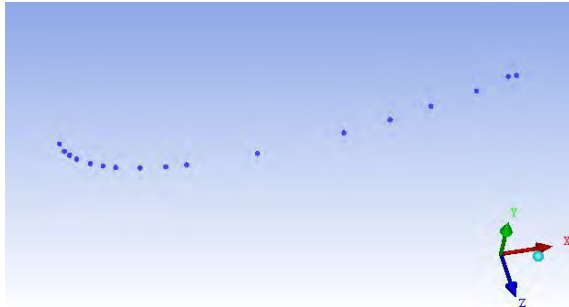
After of  $t_{\max}$

After of  $t_{\max}$

x% of chord	y% of chord	x m	y m
40%	0.097	-2.34	0.185
50%	0.090	-2.15	0.171
60%	0.079	-1.96	0.149
70%	0.063	-1.77	0.121
80%	0.045	-1.58	0.086
90%	0.025	-1.39	0.047
100%	0.002	-1.20	0.004

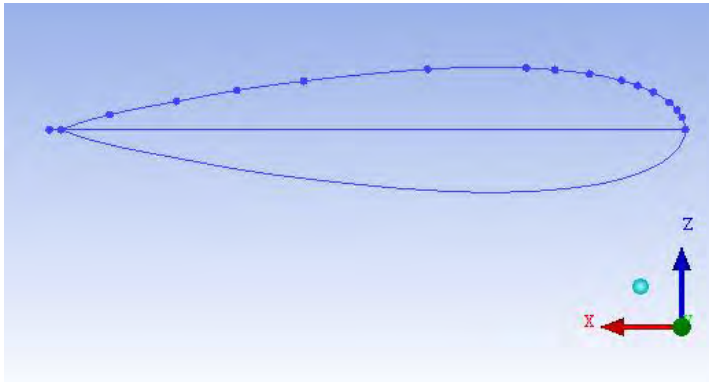
Tabel 4.4. hasil persentase koordinat pada asis X & Y [9]

Setelah mendapatkan koordinat, langkah selanjutnya menggambar fin pada kedua sisi pod propeller.

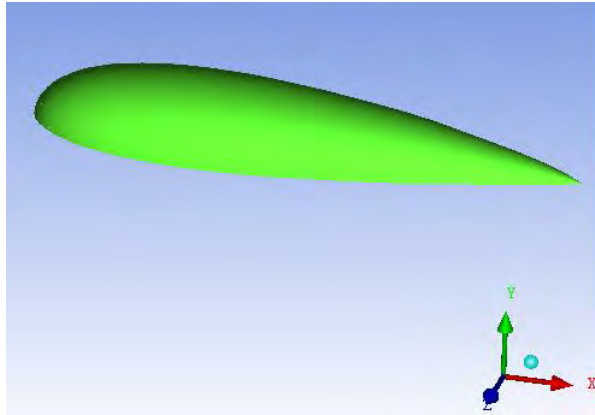


Gambar 4.10. *koordinat fin*  
(hasil pemodelan)

Untuk tinggi dari foil diasumsikan 0.1. Selanjutnya menghubungkan point-point dengan curve, dan surface dihubungkan pada masing-masing curve.

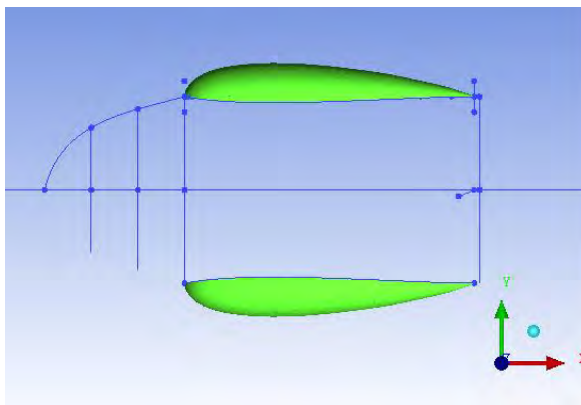


Gambar 4.11. *curve fin*  
(hasil pemodelan)

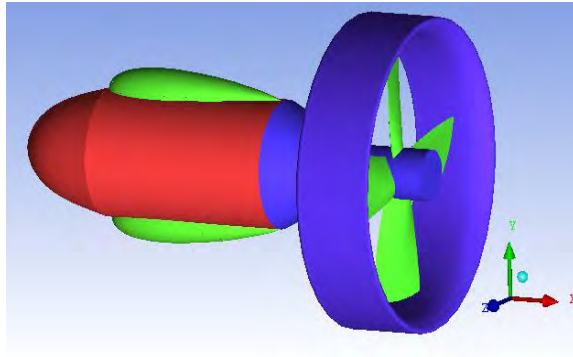


Gambar 4.12. *surface fin*  
(hasil pemodelan)

Untuk mendapatkan surface pada sisi sebaliknya menggunakan toolbar mirror geometry pada transform geometry.

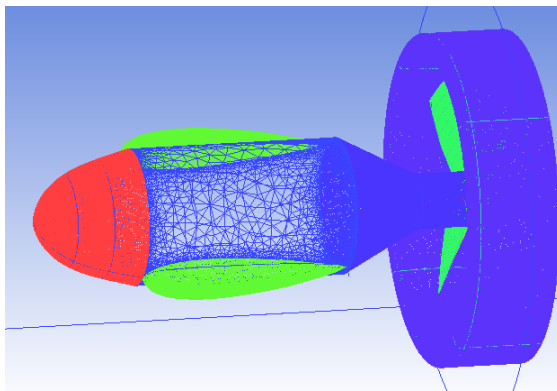


Gambar 4.13. *meshing azimuth propeller dengan fin*  
(hasil pemodelan)



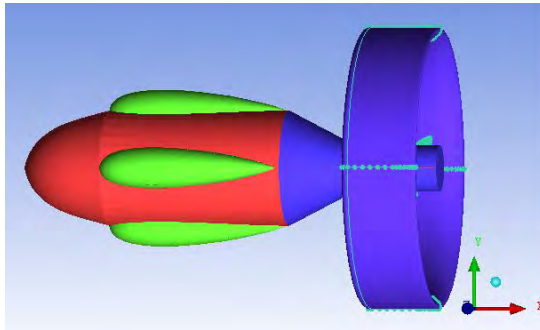
Gambar 4.14. *azimuth propeller dengan fin*  
(hasil pemodelan)

#### 4.4. Grid (Meshing) Model 2



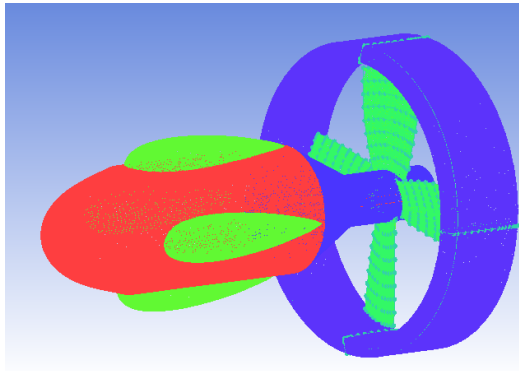
Gambar 4.15. *meshing azimuth propeller dengan fin*  
(hasil meshing)

#### 4.5. Azimuth propeller model 3



Gambar 4.16. azimuth propeller dengan fin model 3  
(hasil pemodelan)

#### 4.6. Grid (Meshing) Model 3



Gambar 4.17. meshing azimuth propeller dengan fin model 3  
(hasil meshing)

## 4.7. Model Hasil Simulasi

Proses meshing yang dilakukan sama seperti model sebelumnya, namun pada model ini ditambahkan part fin. Jadi bagian part yang akan menjadi inputan dalam proses simulasi, yaitu blade (Face dan Back), pod, fin, poros, dan yang tidak terlalu mendetail adalah bagian inlet, outlet serta pada wall.

### a. Hasil simulasi model 1

Dari sekian banyak model yang disimulasikan, akan banyak data yang dapat diperoleh. Akan diambil data berupa luasan pada setiap pod (m), wall shear tegangan geser (pa), dan velocity pada setiap pod (m/s).

Ada 3 model dan masing-masing model terdapat 3 variasi kecepatan. Sehingga total sebanyak 9 data yang akan disimulasikan. Data tersebut akan digunakan untuk menganalisa gaya gesek (F drag) pada setiap pod. Setelah itu dibandingkan model yang terbaik adalah yang menerima gaya gesek paling kecil.

F drag dapat diperoleh dari formula :

$$F = P \times A \text{ [8]}$$

Dimana :  
 F = Gaya gesek  
 P = Wall shear  
 A = Luas area

Type	vs (knot)	vs (m/s <sup>2</sup> )	G (m/s <sup>2</sup> )	L (m)	v pod (m/s)	v pod (knot)
model 1	10	5.14	9.8	3.5	11.61	22.56803456
	12	6.168	9.8	3.5	13.95	27.11663067
	14	7.196	9.8	3.5	16.29	31.66522678

Type	vs (knot)	wallshear (pa)	area (m)	f drag ( N )
model 1	10	296.168	9.9	2935.02488
	12	353.926	9.9	3503.8674
	14	465.123	9.9	4604.7177

Tabel 4.5. Hasil simulasi pada model 1

**b. Hasil simulasi model 2**

Type	vs (knot)	vs (m/s <sup>2</sup> )	G (m/s <sup>2</sup> )	L (m)	v pod (m/s)	v pod (knot)
model 2	10	5.14	9.8	3.5	11.58	22.4
	12	6.168	9.8	3.5	13.91	26.9
	14	7.196	9.8	3.5	16.25	31.5

wallshear (pa)	area (m)	f drag ( N )
259.54	8.8	2270.9
359.364	8.8	3144.4
473	8.8	4142.6

Tabel 4.6. Hasil simulasi pada model 2

### c. Hasil simulasi model 3

Type	vs (knot)	vs (m/s <sup>2</sup> )	G (m/s <sup>2</sup> )	L (m)	v pod (m/s)	v pod (knot)
model 3	10	5.14	9.8	3.5	11.53	22.4
	12	6.168	9.8	3.5	13.86	26.9
	14	7.196	9.8	3.5	16.19	31.5

wallshear (pa)	area (m)	f drag ( N )
255.44	7.6	1938.8
352.79	7.6	2677.7
463.79	7.6	3520.2

Tabel 4.7. Hasil simulasi pada model 3

### 4.7. Analisa dan Hasil simulasi

Pada tahap analisa ini terdapat beberapa parameter umum yang digunakan dalam analisa percobaan. Adalah sebagai berikut:

- Panjang pod : 3.5 m
- Velocity pada tiap pod : 10,12,14 knot
- Wallshare
- Area

Nilai velocity pada seluruh propeller yang akan divariasikan. Dari data yang diperoleh dari hasil running tersebut dapat ditentukan besar F drag ( gaya gesek pada tiap pod ).

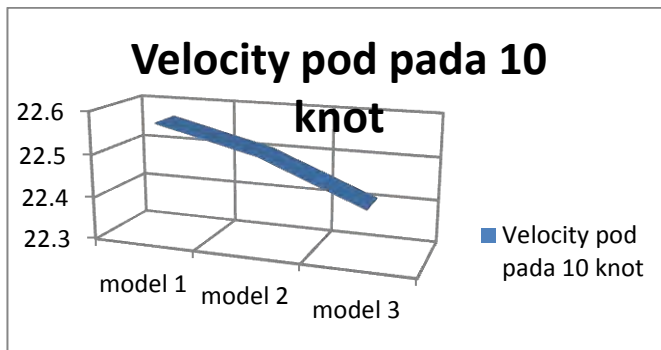


Type	vs (knot)	vs (m/s <sup>2</sup> )	G (m/s <sup>2</sup> )	L (m)	v pod (m/s)
model 1	10	5.14	9.8	3.5	11.61
	12	6.168	9.8	3.5	13.95
	14	7.196	9.8	3.5	16.29
model 2	10	5.14	9.8	3.5	11.58
	12	6.168	9.8	3.5	13.909
	14	7.196	9.8	3.5	16.25
model 3	10	5.14	9.8	3.5	11.53
	12	6.168	9.8	3.5	13.859
	14	7.196	9.8	3.5	16.19

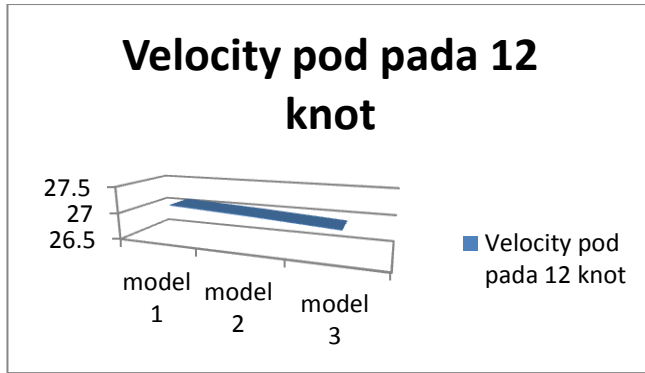
Tabel 4.8. Perbandingan velocity pod dari hasil simulasi

Berikut adalah grafik yang menjelaskan tentang perubahan kecepatan aliran fluida pada pod antara :

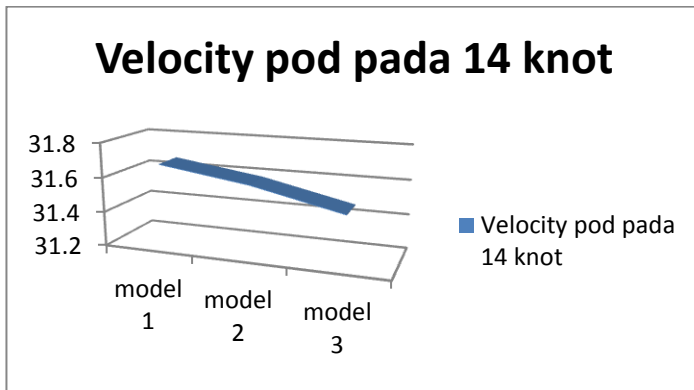
- azimuth propeller (model 1)
- azimuth propeller with 2 fin (model 2)
- azimuth propeller with 4 fin (model 3)



Grafik 4.1 Penurunan kecepatan aliran fluida pada 10 knot



Grafik 4.2 Penurunan kecepatan aliran fluida pada 12 knot



Grafik 4.3 Penurunan kecepatan aliran fluida pada 14 knot

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kecepatan aliran fluida mengalami penurunan sekitar 0.25%-0.6% akibat dari adanya fin yang terdapat pada pod azimuth propeller. Penurunan kecepatan fluida pada pod tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan penurunan nilai gaya gesek yang didapatkan.

no	Type	vs (knot)	wallshear (pa)	area (m)	f drag ( N )
1	model 1	10	0.6207	9.9	6.151137
		12	0.8493	9.9	8.40807
		14	0.454	9.9	4.4946
2	model 2	10	0.619	8.8	5.41625
		12	0.847	8.8	7.41125
		14	0.4601	8.8	4.025875
3	model 3	10	0.622	7.6	4.72098
		12	0.8514	7.6	6.462126
		14	0.456	7.6	3.46104

Tabel 4.9. Hasil perhitungan gaya gesek

Output dari hasil simulasi yang akan dianalisa adalah perubahan gaya gesek dan aliran fluida pada masing-masing pod. Dimana dari hasil tersebut terdapat perubahan yang cukup signifikan. Berikut adalah hasil analisa dari perbedaan gaya gesek sebelum model dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi.

	v pod (m/s)	Whallshear (pa)	F drag
model 1	11.61	296.168	2935
model 2	11.58	259.54	2271
model 3	11.53	255.44	1938

Tabel 4.10. Perbandingan dari perhitungan gaya gesek pada vs 10 knot

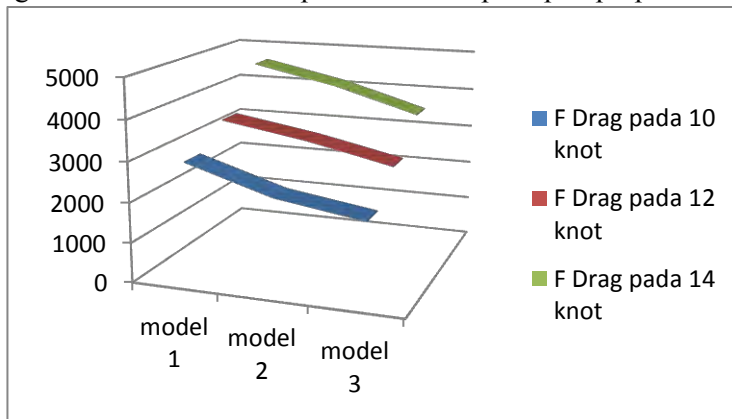
	v pod (m/s)	Whallshear (pa)	F drag
model 1	13.95	353.926	4604
model 2	13.909	359.364	4142
model 3	13.859	352.799	3520

Tabel 4.11. Perbandingan dari perhitungan gaya gesek pada vs 12 knot

	v pod (m/s)	Whallshear (pa)	F drag
model 1	16.29	465.123	4604
model 2	16.25	473	4142
model 3	16.19	463.79	3520

Tabel 4.12. Perbandingan dari perhitungan gaya gesek pada vs 14 knot

Berikut adalah grafik yang menunjukkan penurunan gaya gesek setelah dilakukan penambahan fin pada pod propeller.



Grafik 4.4 Penurunan gaya gesek

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa gaya gesek pada model 1 yaitu azimuth propeller tanpa fin lebih besar dibandingkan dengan gaya gesek pada azimuth propeller dengan menggunakan fin pada model 2 ataupun 3.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian ini telah dilakukan simulasi, analisa data, dan pembahasan yang telah diteliti dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

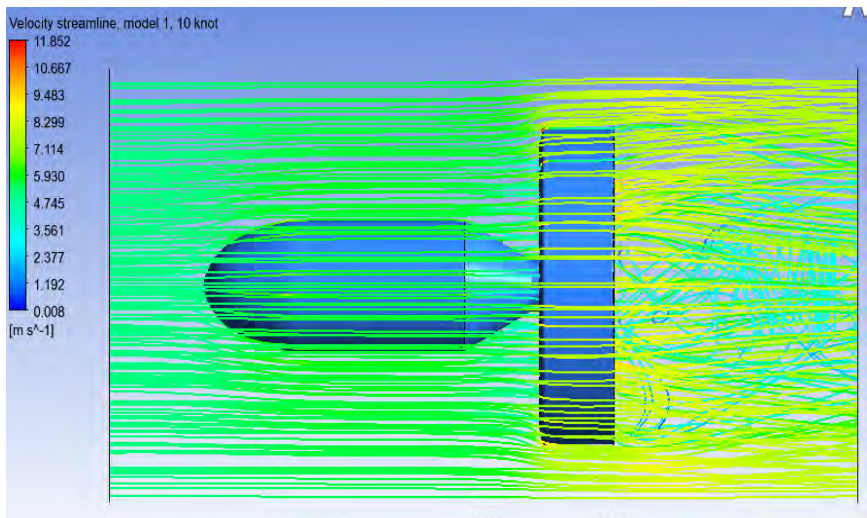
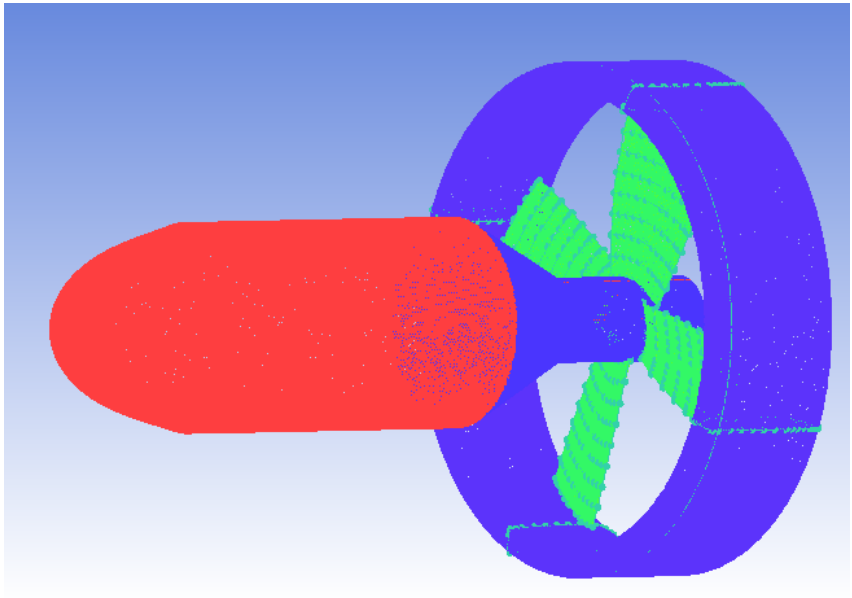
1. Bertambahnya jumlah fin pada pod azimuth propeller menyebabkan  $F_{drag}$  atau gaya gesek pada pod mengalami penurunan sebesar dari 10% sampai 34%.
2. Bertambahnya jumlah fin pada pod propeller mengalami penurunan kecepatan fluida pada pod, namun penurunan tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan pengurangan gaya geseknya. Dimana pengurangannya sebesar Namun kecepatan aliran fluida ( $v$ ) pada pod mengalami penurunan sebesar 0,25 sampai 0.6%.
3. Dilihat dari aliran yang dihasilkan, pod propeller dengan menggunakan fin volume air yang masuk menuju propeller mengalami peningkatan.

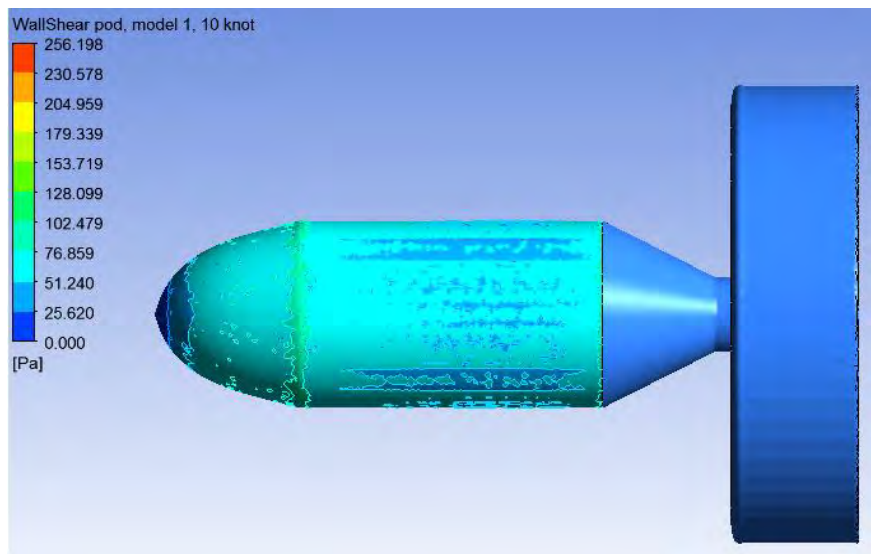
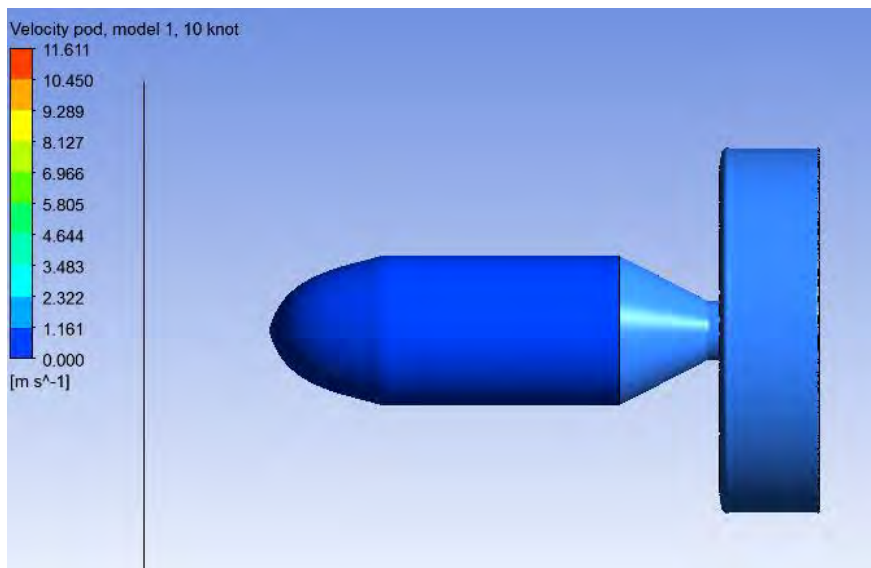
#### **5.2 Saran**

1. Jika jumlah iterasi pada saat proses running ditambahkan, maka hasilnya akan lebih maksimal.
2. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang manfaatnya terhadap thrust maka disarankan menambahkan subject propeller untuk dianalisa

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

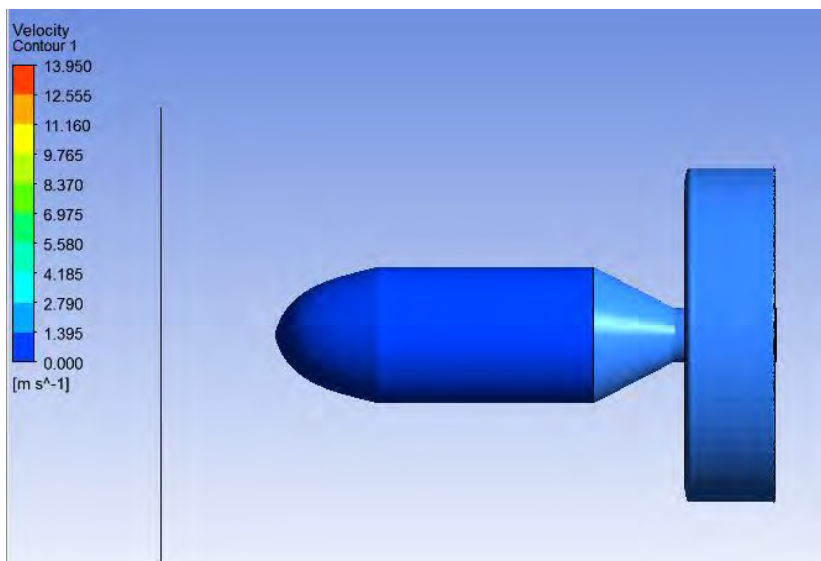
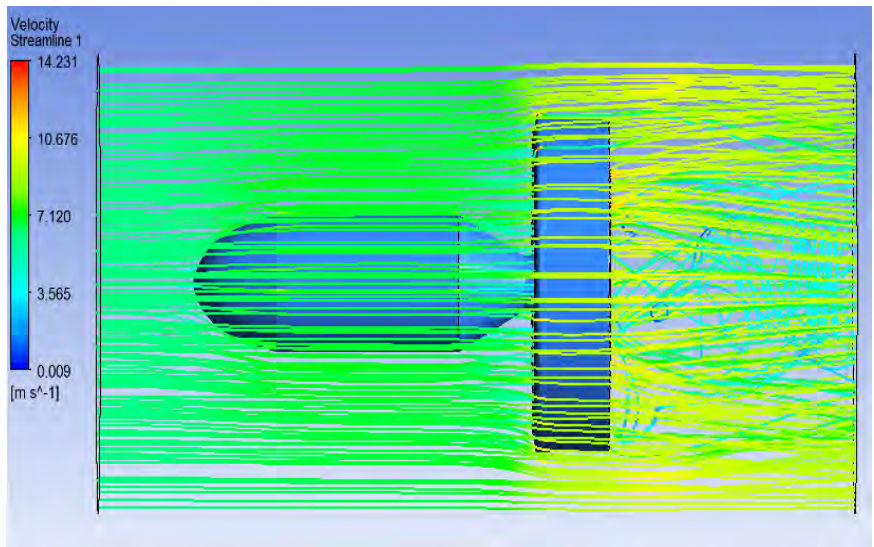
## MODEL 1 KECEPATAN 10 KNOT

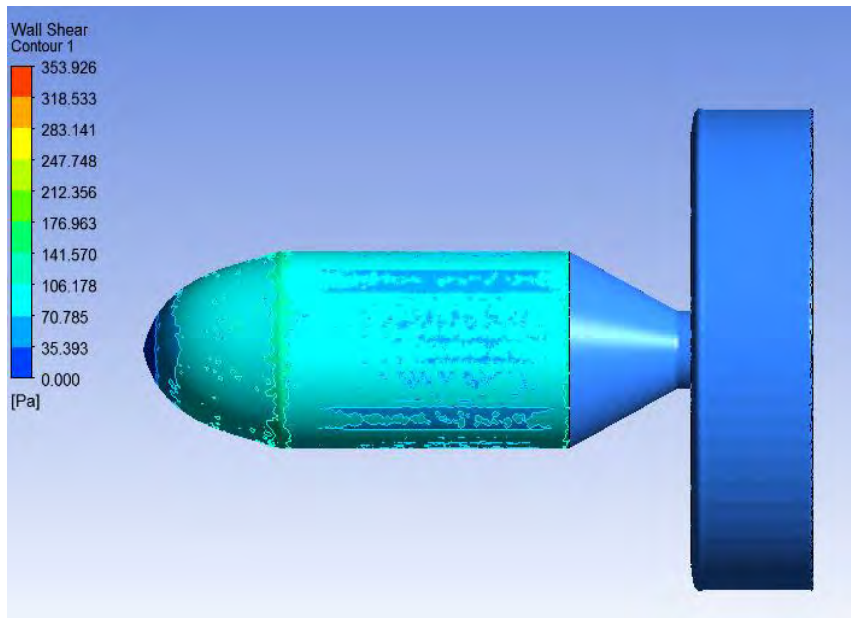




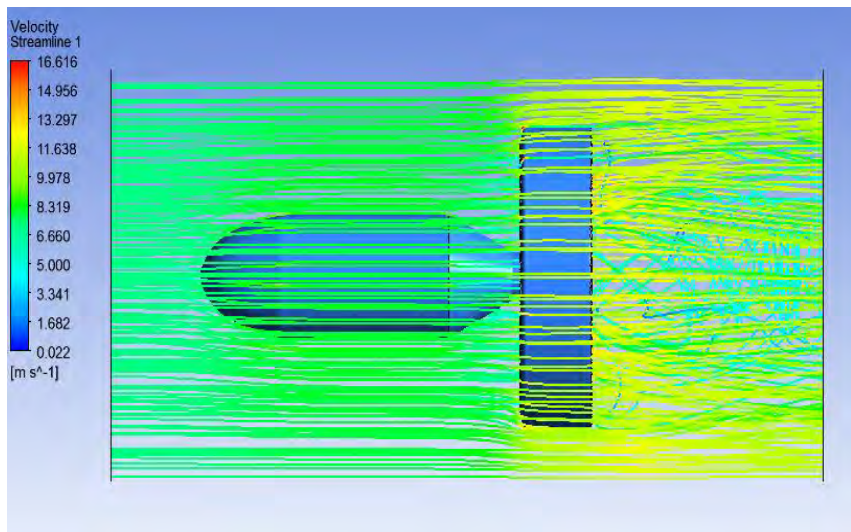


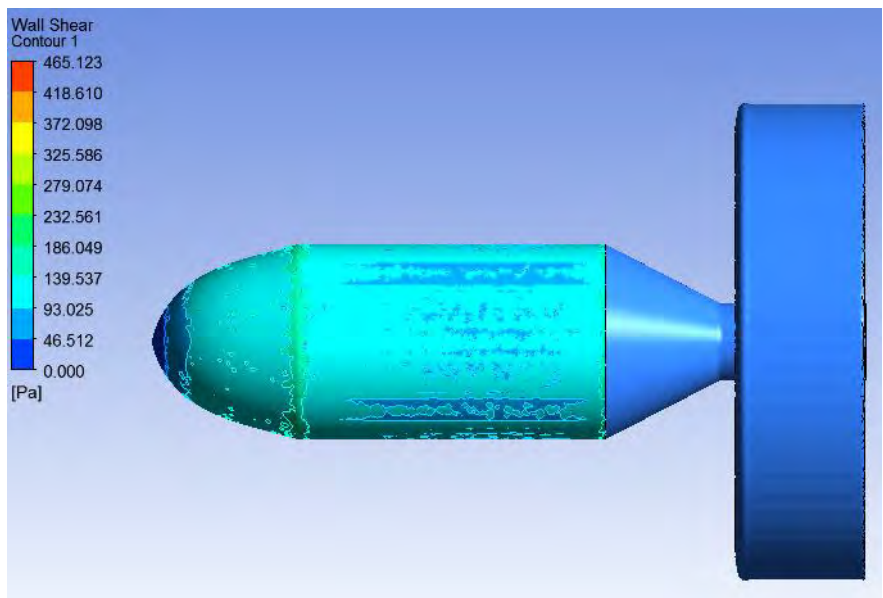
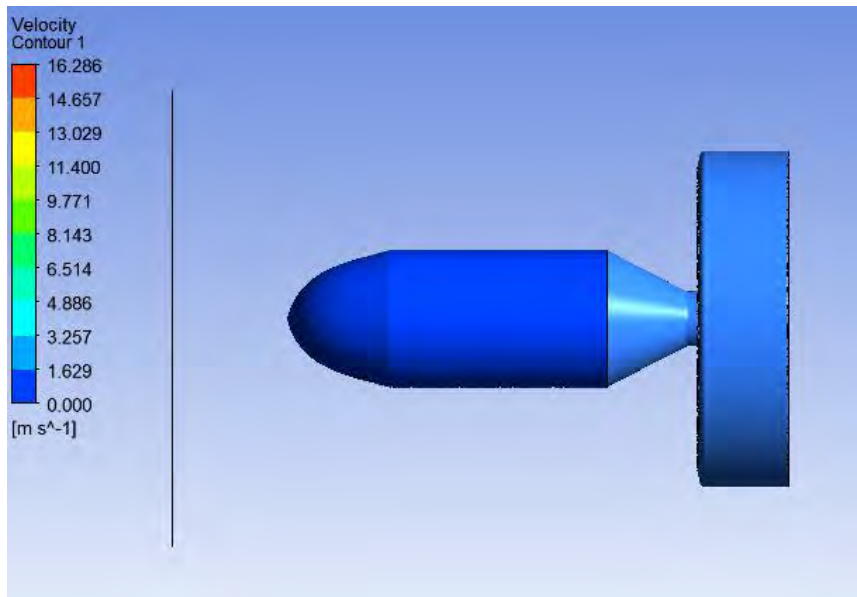
## MODEL 1 KECEPATAN 12 KNOT



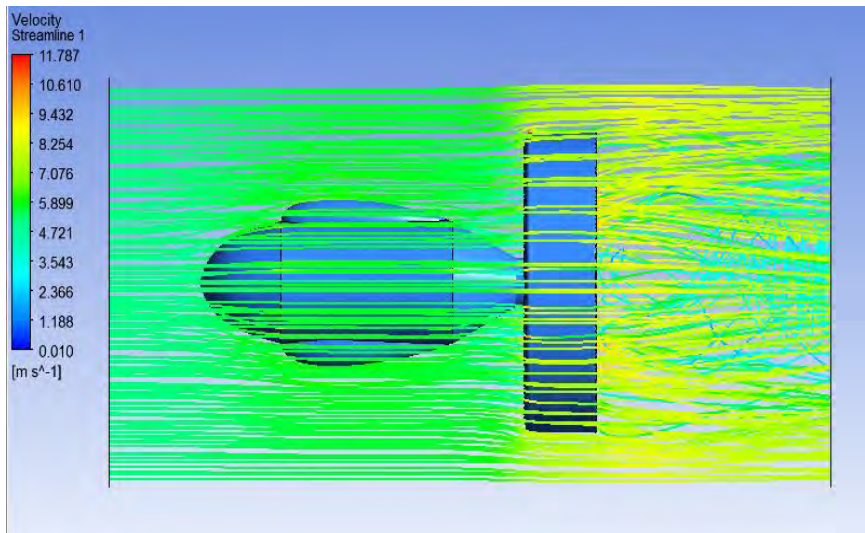
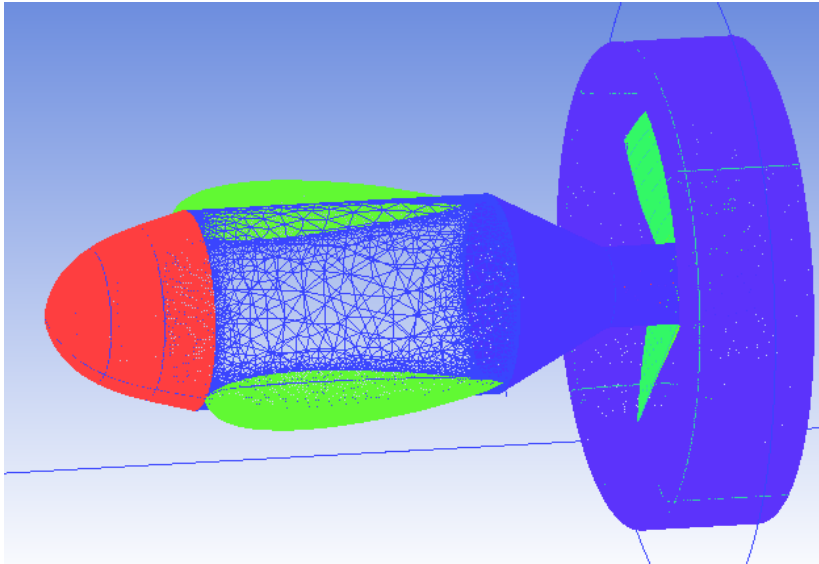


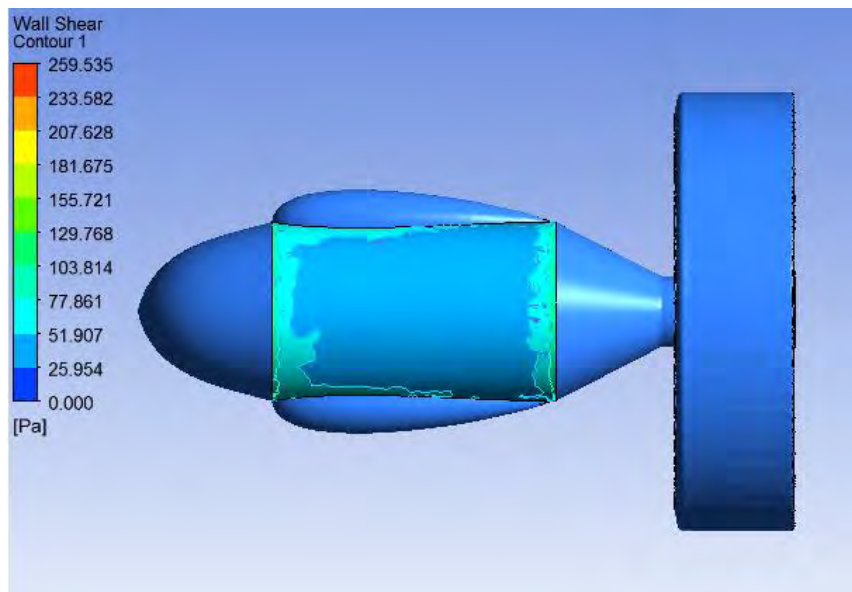
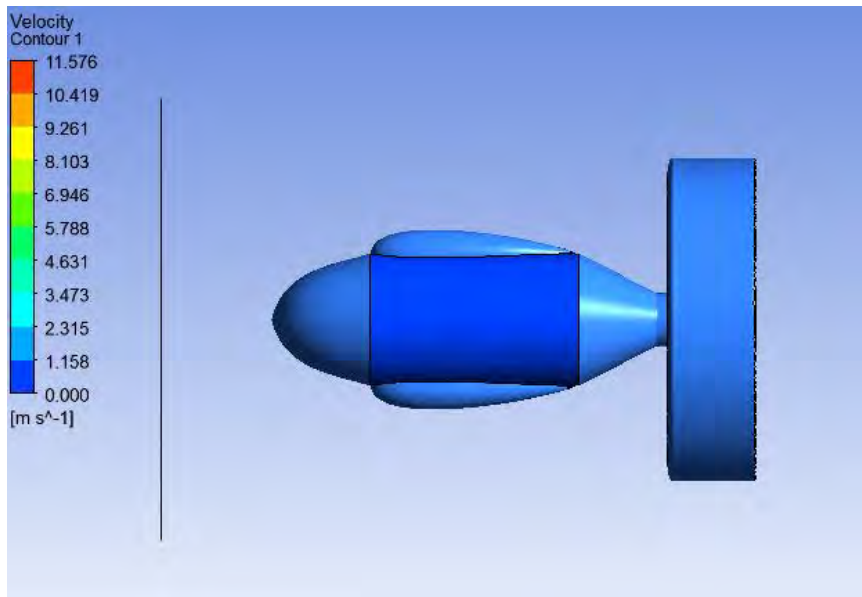
### MODEL 1 KECEPATAN 14 KNOT





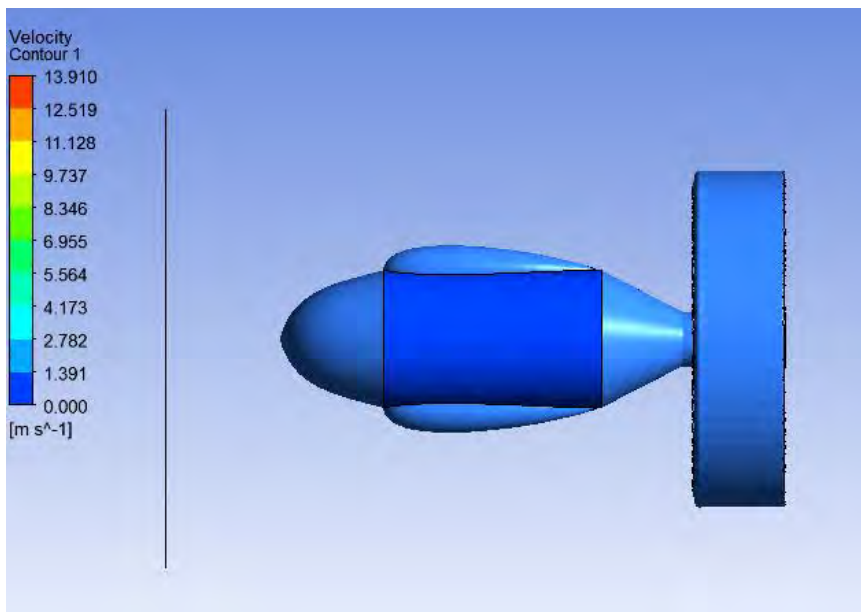
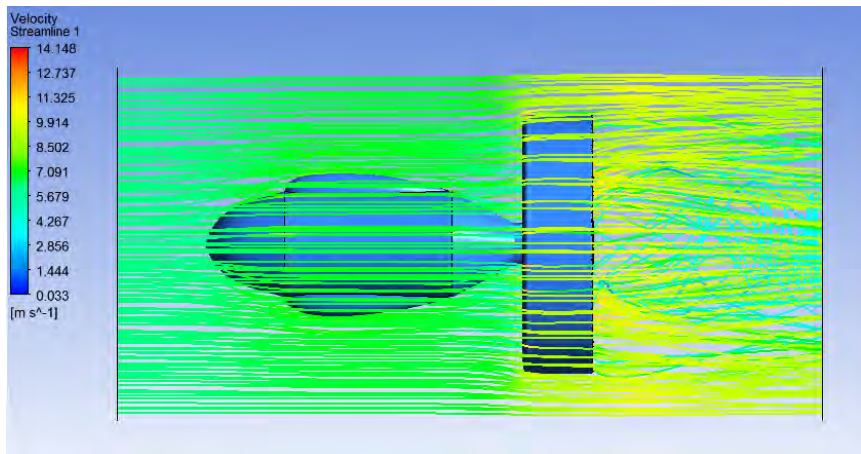
## MODEL 2 KECEPATAN 10 KNOT

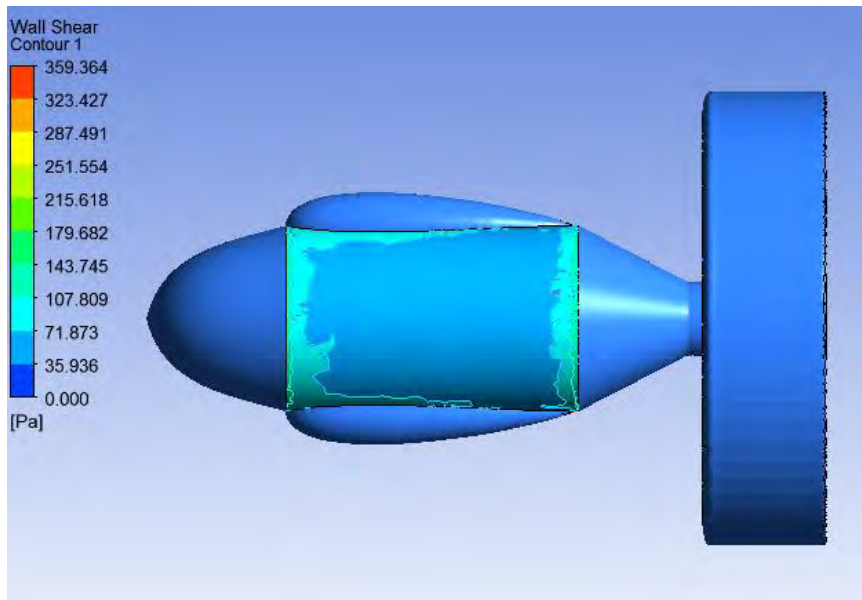




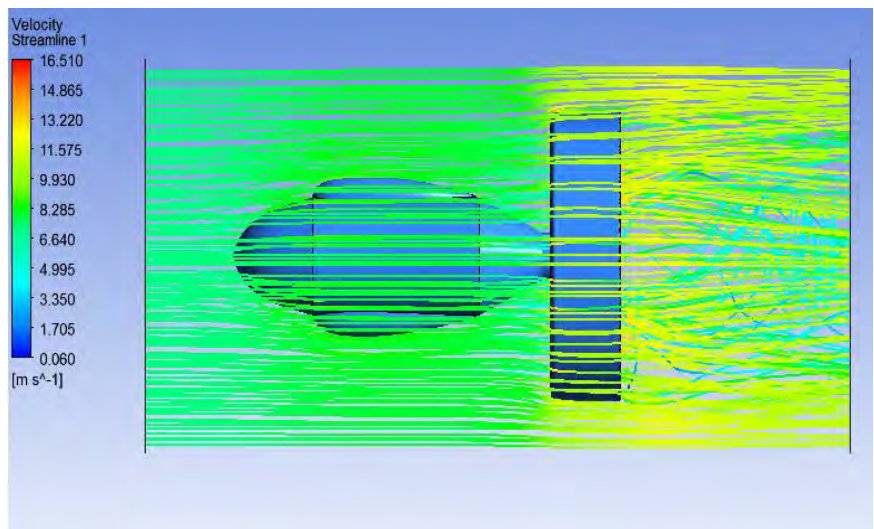


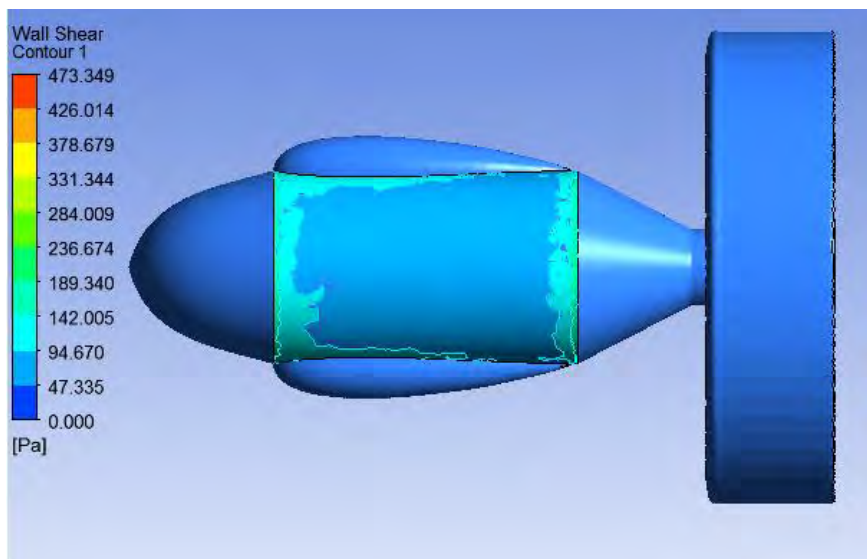
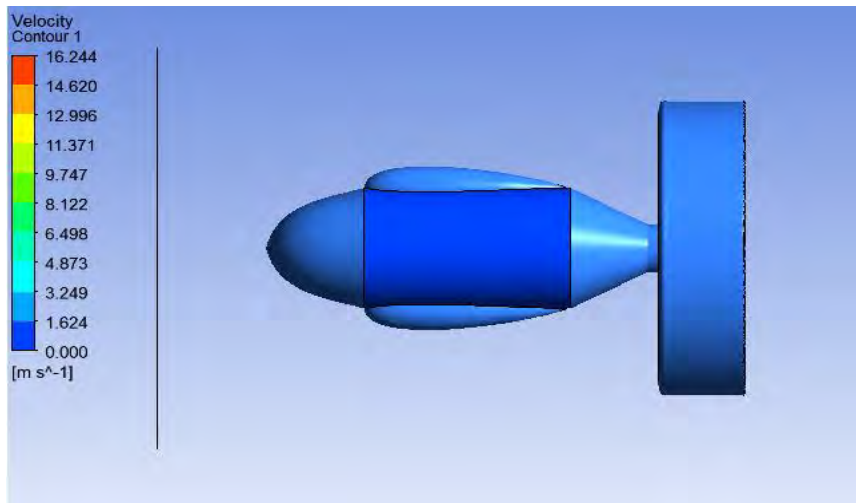
## MODEL 2 KECEPATAN 12 KNOT





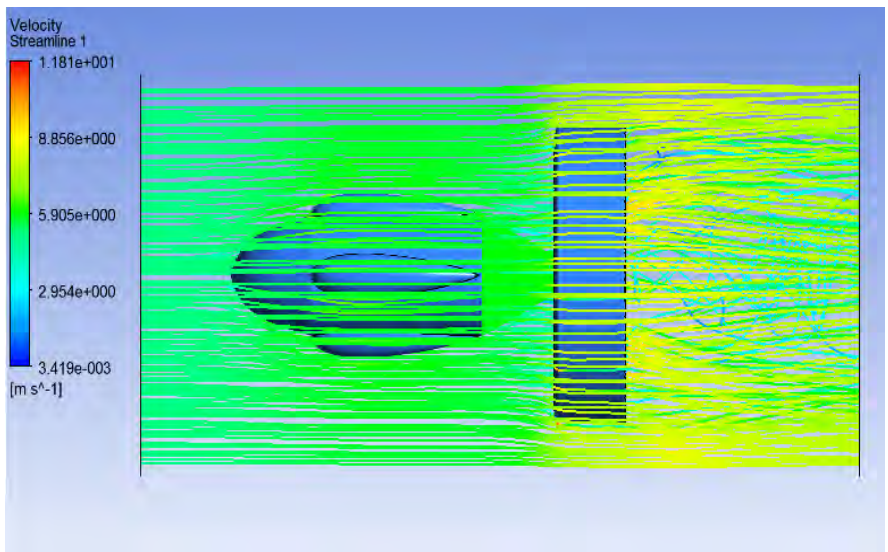
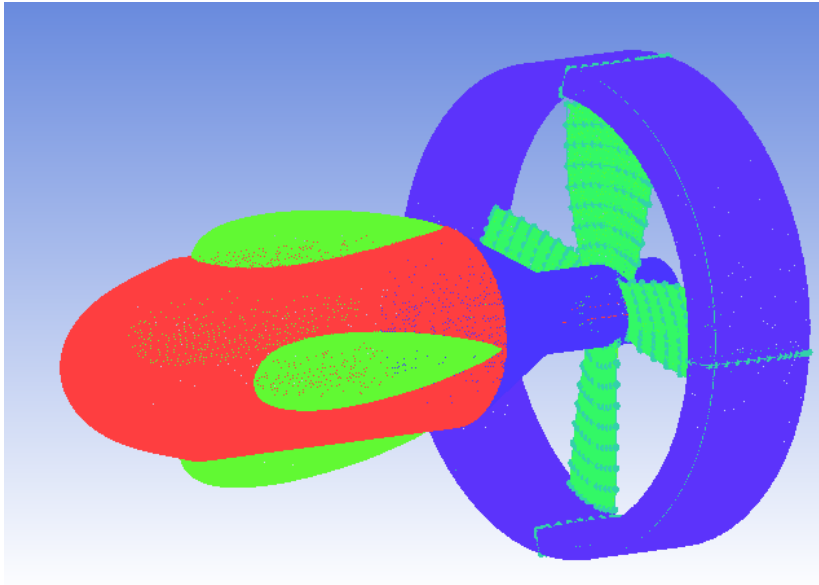
## MODEL 2 KECEPATAN 14 KNOT

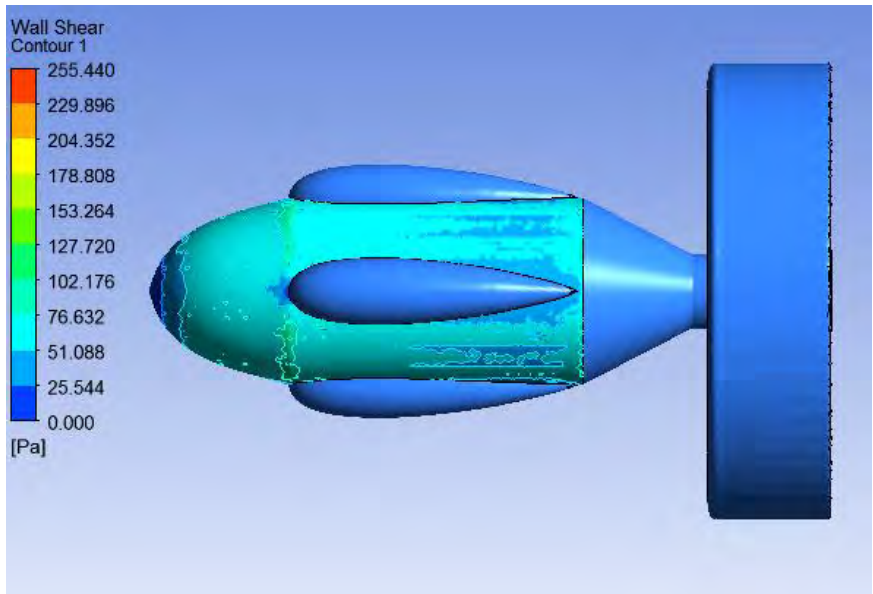
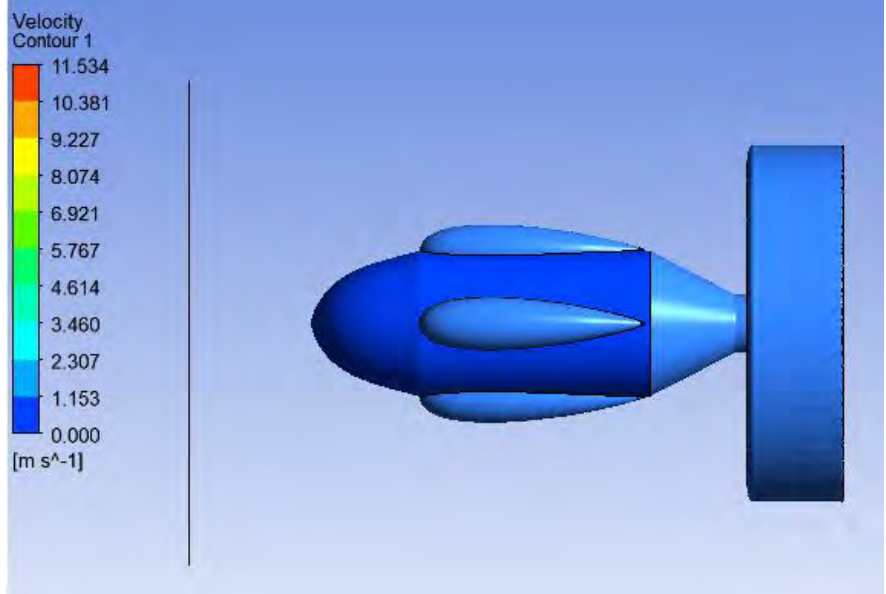




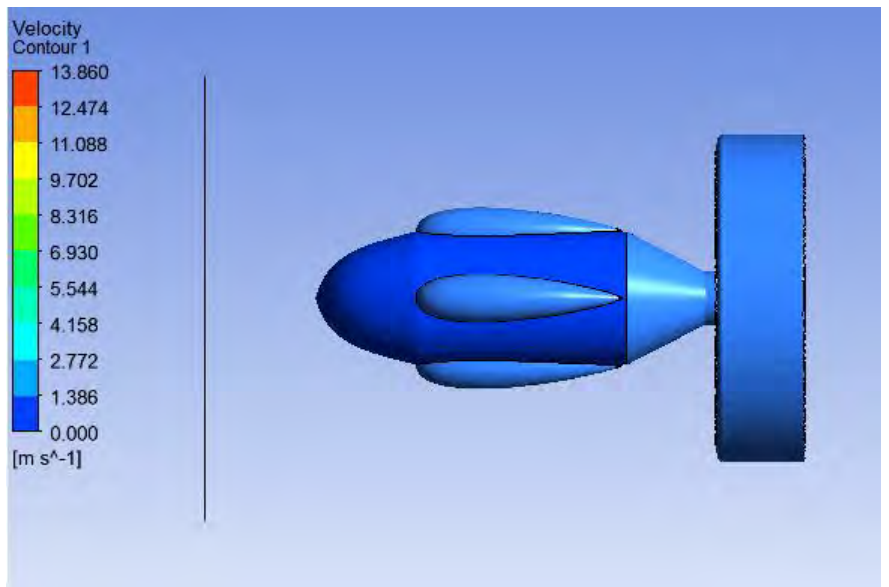
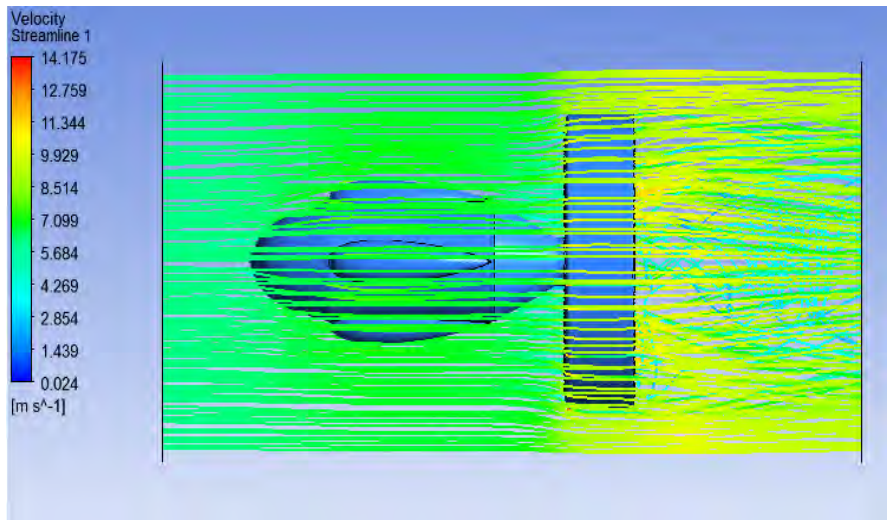


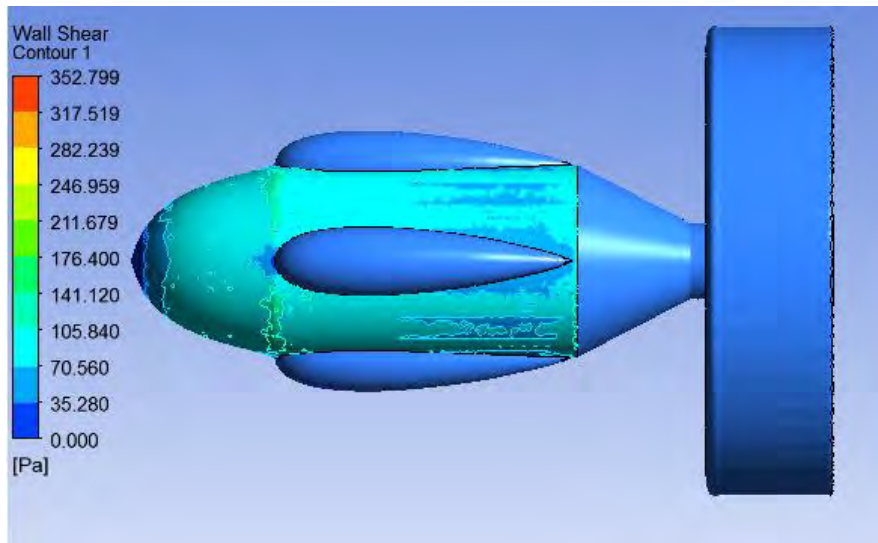
### MODEL 3 KECEPATAN 10 KNOT



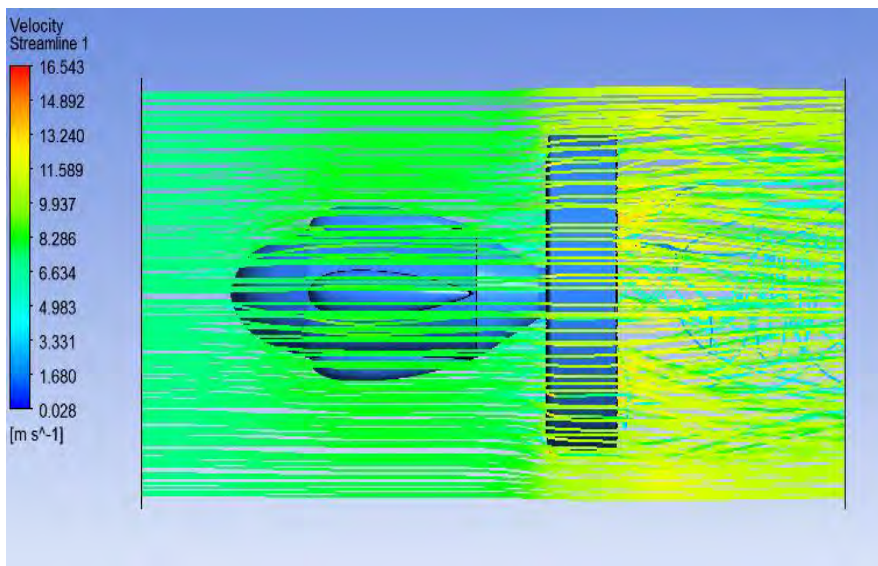


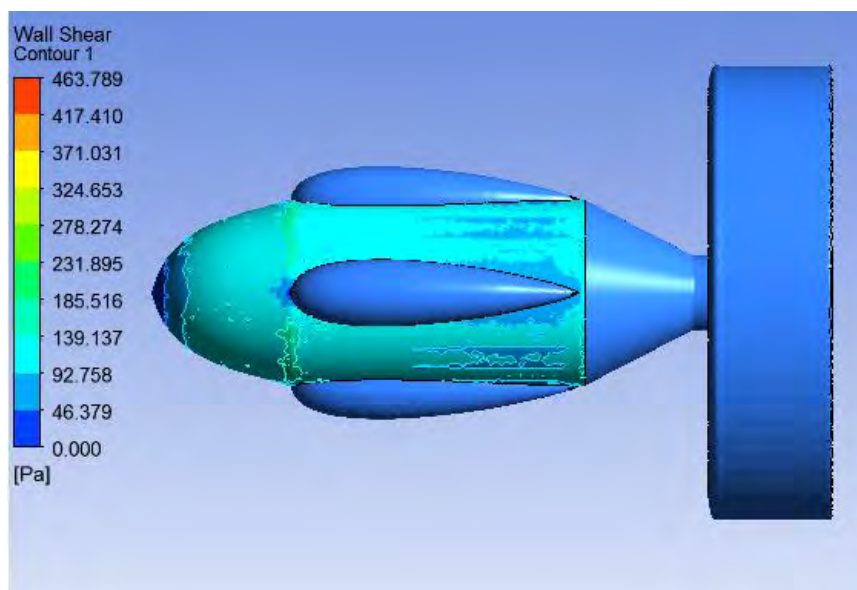
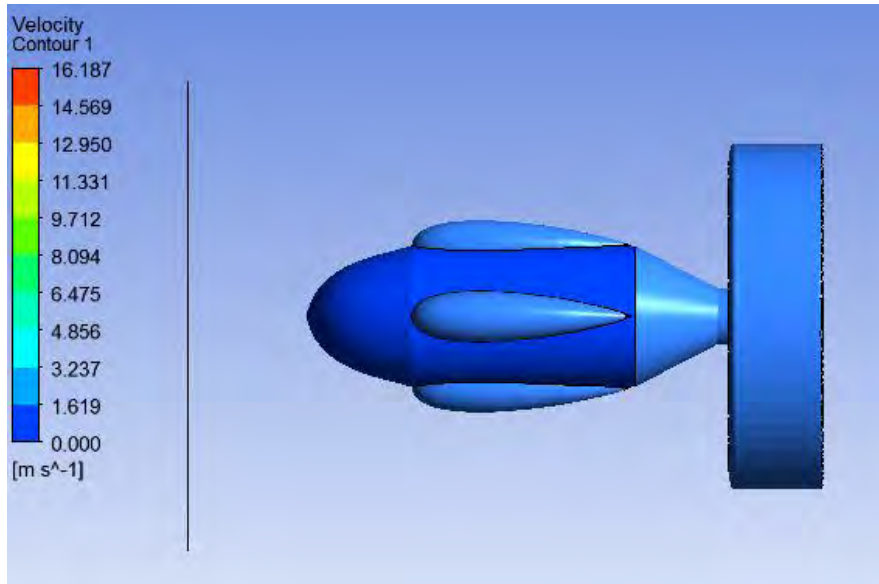
### MODEL 3 KECEPATAN 12 KNOT





**MODEL 3 KECEPATAN 14 KNOT**





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Neil Bose, 2008. *Marine Powering Prediction and Propulsors*. United Kingdom.
- [2] Harvald, Aa.1992. *Tahanan dan propulsi kapal*, Airlangga University Press, Surabaya.
- [3] W.Adji Surjo.2006. *Pengenalan Sistem Propulsi Kapal*, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [4] Jhon Carlton. 2007. *Marine Propeller and Propulsion*, Elsevier Ltd, 2007
- [5] <http://www.lytewatermarine.com/commercial-marine-propellers/marine-propellers-kaplan>
- [6] [http://atljsoft.com/html\\_help/propeller%20geometry.htm](http://atljsoft.com/html_help/propeller%20geometry.htm)
- [7] <http://hydropowerplantsttpln.blogspot.com/2012/02/pelatihan-di-bandung.html>
- [8] <https://pustakafisika.wordpress.com/2012/02/05/tekanan-adalah-gaya-di-bagi-dengan-luas/>
- [9] [http://web.stanford.edu/~cantwell/AA200\\_Course\\_Material/The/Naca20series.pdf](http://web.stanford.edu/~cantwell/AA200_Course_Material/The/Naca20series.pdf).

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **Biodata Penulis**



Penulis dilahirkan di Bekasi, Jawa Barat, pada tanggal 30 Mei 1992. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Terlahir dengan nama Renaldi dari pasangan Rufiadi dan Rasiati. Riwayat pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SD Swasta Harapan Indonesia di Bekasi Utara. SMPN 1 Kaledupa di Provinsi Sulawesi Tenggara, dan SMA 3 PGRI di Kota Bogor. Setelah lulus dari SMA 3 PGRI

Bogor pada tahun 2010, penulis melanjutkan pendidikan formalnya pada ke strata ( S1). Diterima di jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dengan NRP 4210100096. Selama perkuliahan, selain mengikuti jalanya perkuliahan secara umum penulis juga aktif menjadi member dari laboratorium Design & 3D modeling Penulis mengambil konsentrasi bidang keahlian Marine Manufacturing and Design (MMD).